



TUGAS AKHIR

RC14 - 1501

**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN TIMBUNAN
JALAN DENGAN MATERIAL TANAH/SIRTU DAN
MORTAR BUSA (*FOAMED MORTAR*) PADA JALAN TOL
SOLO – KERTOSONO *SECTION* SARADAN – NGANJUK
STA 150+225 – STA 154+400**

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN

NRP 3113 100 058

Dosen Pembimbing I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Dosen Pembimbing II

Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



TUGAS AKHIR

RC14 - 1501

**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN TIMBUNAN
JALAN DENGAN MATERIAL TANAH/SIRTU DAN
MORTAR BUSA (*FOAMED MORTAR*) PADA JALAN TOL
SOLO – KERTOSONO *SECTION* SARADAN – NGANJUK
STA 150+225 – STA 154+400**

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
NRP 3113 100 058

Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT

RC14 - 1501

**COMPARATIVE STUDY OF ROAD EMBANKMENT
PLANNING WITH SOIL AND FOAMED MORTAR ON
SOLO – KERTOSONO TOLL ROAD SECTION SARADAN
– NGANJUK STA 150+225 – STA 154+400**

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
NRP 3113 100 058

Academic Supervisor I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Academic Supervisor II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA (FOAMED
MORTAR) PADA JALAN TOL SOLO – KERTOSONO
SECTION SARADAN – NGANJUK STA 150+225 –
STA 154+400**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
NRP. 3113 100 058

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
2. Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.



[Signature]
.....

[Signature]
.....

SURABAYA, JULI 2017

**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN TIMBUNAN
JALAN DENGAN MATERIAL TANAH/SIRTU DAN
MORTAR BUSA (*FOAMED MORTAR*) PADA JALAN TOL
SOLO – KERTOSONO *SECTION* SARADAN – NGANJUK
STA 150+225 – STA 154+400**

Nama Mahasiswa : Muh. Teguh Priyatna Kurniawan
NRP : 3113100058
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

Abstrak

Jalan Tol Solo – Kertosono merupakan bagian dari proyek Jalan Tol Trans Jawa. Jalan Tol Trans Jawa adalah jaringan jalan tol antar kota di Pulau Jawa dengan tujuan utamanya untuk menghubungkan 2 (dua) kota terbesar di Indonesia, yaitu Jakarta dan Surabaya. Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono direncanakan memiliki panjang total $\pm 177,12$ km dan berada dalam cakupan Provinsi Jawa Tengah hingga Jawa Timur. Jalan tol ini terdiri dari 2 ruas jalan yaitu Ruas Jalan Tol Solo – Ngawi dan Ruas Jalan Tol Ngawi – Kertosono.

Jalan Tol Solo – Kertosono dibangun di atas suatu timbunan jalan dengan ketinggian timbunannya 1,5 s.d. 7 meter. Kondisi tanah dasarnya adalah tanah yang relatif lunak yang memiliki kedalaman ± 20 meter dengan nilai N-SPT rata – rata berkisar 5 s.d. 13 sehingga memiliki daya dukung yang rendah dan pemampatan tanah yang relatif besar. Oleh karena itu, perlu adanya desain perencanaan konstruksi timbunan jalan dari material yang aman dan cukup ringan agar pemampatan tanah dasar yang terjadi dapat diminimalisir. Diperlukan juga

perencanaan perbaikan tanah dasar dan perencanaan perkuatan timbunan agar timbunan menjadi lebih stabil.

Perencanaan timbunan jalan dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) material yang berbeda, yaitu material tanah sirtu dan material ringan mortar busa sebagai material timbunan. Metode perbaikan tanah dasar menggunakan metode pra – pembebanan (pre-loading) yang dikombinasikan dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) kedalaman penuh sedalam tanah lunak. Metode perkuatan antara lain geotextile sebagai perkuatan lereng timbunan dan micropile / tiang pancang sebagai perkuatan tanah dasar untuk mencegah kelongsoran.

Dari hasil analisis diketahui bahwa perencanaan timbunan dengan material mortar busa memiliki nilai pemampatan tanah yang lebih kecil daripada perencanaan timbunan dengan material tanah sirtu. PVD yang digunakan sebagian besar memakai pola segitiga dengan jarak 1 m. Selain itu, perencanaan timbunan dengan material mortar busa jauh lebih stabil sehingga tidak membutuhkan perkuatan, sedangkan untuk perencanaan timbunan dengan material tanah sirtu membutuhkan perkuatan geotextile woven sebanyak 4 – 6 lapis dan tiang pancang sebanyak 4 – 16 batang sebagai perkuatan tanah dasar. Total biaya material perencanaan untuk timbunan material mortar busa ± 7 (tujuh) kali lebih besar daripada total biaya material perencanaan untuk timbunan tanah sirtu.

Kata Kunci : Jalan Tol Solo – Kertosono, Prefabricated Vertical Drain, Mortar Busa, Geotextile, Micropile

**COMPARATIVE STUDY OF ROAD EMBANKMENT
PLANNING WITH SOIL AND FOAMED MORTAR IN
SOLO – KERTOSONO TOLL ROAD SECTION SARADAN
– NGANJUK STA 150+225 – STA 154+400**

Student's Name : Muh. Teguh Priyatna Kurniawan
Student's Number : 3113100058
Department : Civil Engineering Dept. FTSP ITS
Academic Superv. I : Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Academic Superv. II : Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT.

Abstract

Solo – Kertosono Toll Road is part of the Trans Java Toll Road Project. Trans Java Toll Road is an intercity toll road network in java island with its primary objective is to connecting 2 (two) of the largest cities in Indonesia, namely Jakarta and Surabaya. Solo – Kertosono Toll Road Project is planned to have total length about 177,12 km and within the scope of Central Java to East Java. This road has 2 part, namely Solo – Ngawi Road and Ngawi – Kertosono Road.

This toll road built on a road embankment with a heap of 1,5 to 7 meters. The ground condition is relatively soft soil with the depth of ± 20 meters and N-SPT value's average around 5 to 13 so it has low carrying capacity and big soil compaction. Therefore, it is necessary to design construction planning of road embankment from safe material and light enough in order so the soil compaction can be minimized. Also, it is necessary to make construction planning of soil improvement and reinforcement planning of embankment to make the embankment more stable.

Road embankment Planning is done by using 2 (two) different materials, namely soil material and foamed mortar lightweight material as the embankment material. The soil improvement

method uses pre – loading method, combine with Prefabricated Vertical Drain (PVD) full depth as deep as soft soil itself. Then, the reinforcement planning include geotextile as embankment reinforcement and micropile or spun pile as soil reinforcement to prevent slope sliding.

From the analysis result, its is known that the embankment planning with foamed mortar material has a smaller settlement value than the embankment planning with soil material. PVD used mostly triangle pattern with 1 m distance. In addition, the planning of the foamed mortar material is more stable so it doesn't use reinforcement, while for planning of soil material needs woven geotextilereinforcement as much as 4 - 6 layers and spun pile as much as 4 – 16 bars as soil reinforcement. The total cost of material planning for foamed mortar \pm 7 (seven) times greater than total cost of material planning for soil material.

Keyword : Solo – Kertosono Toll Road, Prefabricated Vertical Drain, Foamed Mortar, Geotextile, Micropile

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat kehendak, rahmat, dan bimbingan-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Perbandingan Perencanaan Timbunan Jalan Dengan Material Tanah/Sirtu Dan Mortar Busa (*Foamed Mortar*) Pada Jalan Tol Solo – Kertosono *Section* Saradan – Nganjuk STA 150+225 – 150+400” ini dengan baik dan dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT yang Maha Kasih lagi Maha Penyayang, atas segala bimbingan dan pertolongan yang diberikan
2. Kedua orangtua Penulis; Bapak Supriatin Soekirman dan Ibu Erita Anggreni yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasinya selama ini.
3. Kedua saudara Penulis; Anindita Priyandini dan Muh. Bagas Primantara Nugrahan yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasinya selama ini.
4. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan baik akademik maupun non-akademik, ilmu, dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan baik akademik maupun non-akademik, ilmu, dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Bapak Dr. Ir. Edijatno, CES. DEA. selaku dosen wali penulis, yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
7. Wiryantari Akhdani Pratiwi, S.Ked. yang telah memberi doa, semangat dan dukungan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Teman – teman “Forum Komunikasi” dan ‘BFC” atas doa, dukungan, dan semangat selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman angkatan 2013 Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberi dukungan dan semangatnya serta berjuang bersama Penulis selama empat tahun ini.
10. Pihak-pihak lain yang terkait dan telah membantu, baik secara langsung maupun tak langsung.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang positif dari berbagai pihak.

Demikianlah persembahan terbaik yang dapat diberikan penulis. Atas seluruh kurang dan lebihnya, penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

PENULIS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	8
1.3 Lingkup Studi.....	9
1.4 Tujuan Penelitian	10
1.5 Batasan Masalah.....	10
1.6 Manfaat Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Tanah dan Karakteristik Tanah	11
2.2 Analisis Parameter Tanah.....	11
2.2.1 Klasifikasi Tanah	11
2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris	12
2.2.3 Pendekatan Dengan Statistik Distribusi	14

2.3 Analisis Stabilitas Lereng.....	16
2.3.1 <i>Geostudio</i>	18
2.3.2 <i>Xstabl</i>	19
2.4 Pemampatan Tanah Dasar	20
2.4.1 Pemampatan Konsolidasi / <i>Consolidation Settlement</i>	21
2.4.2 Pemampatan Segera / <i>Immidiata Settlement</i>	23
2.5 Distribusi Tegangan Tanah ($\Delta\sigma'$).....	24
2.6 Perhitungan Tinggi Timbunan	29
2.6.1 Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) dan Timbunan Akhir (H_{final})	29
2.7 Perbedaan Pemampatan (<i>Differential Settlement</i>).....	30
2.8 Waktu Pemampatan Tanah Dasar	32
2.9 Percepatan Waktu Pemampatan Tanah Dasar.....	34
2.9.1 <i>Vertical Drain</i>	34
2.9.2 Waktu Pemampatan Dengan <i>Vertical Drain</i>	36
2.10 Timbunan Bertahap.....	41
2.10.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah.....	42
2.10.2 Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Bertahap	43
2.11 Konsep Perkuatan Geoteknik	45
2.11.1 <i>Geotextile</i>	45
2.11.2 Cerucuk / <i>Micropile</i>	54
2.12 Perencanaan Pembebanan	65
2.12.1 Beban Perkerasan Jalan (<i>pavement</i>).....	65

2.12.2 Beban Lalu Lintas	66
2.13 Timbunan Material Ringan Mortar Busa	67
2.13.1 Karakteristik Material Mortar Busa	67
2.13.2 Kriteria dan Persyaratan Bahan Campuran	69
2.13.2.1 Semen	69
2.13.2.2 Pasir	69
2.13.2.3 Busa (<i>Foam Agent</i>)	71
2.13.2.4 Air	71
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	73
3.1 Diagram Alir	73
3.2 Uraian Diagram Alir	74
3.3 Prediksi Hasil/ <i>Output</i>	79
BAB IV DATA PERENCANAAN DAN ANALISIS TANAH	81
4.1 Data Tanah	81
4.1.1 Data Tanah Dasar	81
4.1.2 Data Timbunan	87
4.1.3 Data <i>Selected Material</i>	89
4.2 Data Analisis dan Desain Perencanaan	90
4.2.1 Data Beban	90
4.2.2 Spesifikasi Bahan	93
4.2.2.1 <i>Geotextile</i>	93
4.2.2.2 <i>Prefabricated Vertical Drain (PVD)</i>	94

4.2.2.3 Cerucuk / <i>Micropile</i>	94
BAB V PERENCANAAN GEOTEKNIK	95
5.1 Perhitungan Besar Pemampatan Tanah (S_c), Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$), dan Tinggi Timbunan Akhir (H_{final})	95
5.1.1 Pemampatan Tanah (S_c) Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu.....	96
5.1.2 Kriteria dan Persyaratan Bahan Campuran	100
5.1.3 $H_{initial}$ dan H_{final} Timbunan Tanah Sirtu	105
5.1.4 $H_{initial}$ dan H_{final} Timbunan Mortar Busa	109
5.1.5 Perbandingan Pemampatan Tanah Dasar (S_{tot}) dan Tinggi Awal Timbunan ($H_{initial}$) Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa.....	113
5.2 Perhitungan Perbedaan Pemampatan (<i>Differential Settlement</i>)	117
5.2.1 <i>Differential Settlement</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu	118
5.2.2 <i>Differential Settlement</i> Pada Timbunan Mortar Busa..	121
5.3 Perhitungan Waktu Pemampatan Tanah Dasar Tanpa PVD	125
5.4 Perhitungan <i>Overlay</i> dan Penentuan Lama Waktu <i>Overlay</i>	128
5.5 Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) dan Penimbunan Bertahap	135
5.5.1 Perencanaan PVD Pola Segitiga	135

5.5.2 Perencanaan PVD Pola Segiempat.....	137
5.5.3 Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Bertahap	141
5.5.4 Perhitungan Tegangan Di Setiap Lapisan Tanah Pada Derajat Konsolidasi (U) = 100%	143
5.5.5 Perhitungan Tegangan Di Setiap Lapisan Tanah Pada Derajat Konsolidasi (U) < 100%	146
5.5.6 Perhitungan Kenaikan Harga Cu.....	148
5.5.7 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat Penimbunan Bertahap	149
5.5.8 Perbandingan Perencanaan PVD dan Penimbunan Bertahap Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa.....	153
5.6 Analisis Kelongsoran Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan	158
5.7 Perencanaan Perkuatan Dengan <i>Geotextile</i>	160
5.7.1 Perencanaan <i>Geotextile</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu	160
5.7.2 Perbandingan Perencanaan <i>Geotextile</i> Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa	178
5.8 Perencanaan Perkuatan Dengan <i>Micropile (Cerucuk)</i>	179
5.8.1 Perencanaan <i>Micropile</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu	179
5.8.2 Perbandingan Perencanaan <i>Micropile</i> Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa	185
5.9 Perhitungan Biaya Material.....	191

5.9.1 Analisis Tingkat Inflasi Rata – Rata	191
5.9.2 Perhitungan Biaya Material Timbunan	192
5.9.3 Perhitungan Biaya <i>Overlay</i>	195
5.9.4 Perhitungan Biaya PVD	198
5.9.5 Perhitungan Biaya Perkuatan	201
5.9.6 Perbandingan Biaya Perencanaan Awal.....	205
5.10 Evaluasi Metode <i>Material Replacement</i> Dengan <i>Selected Material</i>	208
5.10.1 Evaluasi Kondisi 1 Untuk Timbunan Tanah Sirtu.	209
5.10.2 Evaluasi Kondisi 1 Untuk Timbunan Mortar Busa.	215
5.10.3 Evaluasi Kondisi 2 Untuk Timbunan Tanah Sirtu.	222
5.10.4 Evaluasi Kondisi 2 Untuk Timbunan Mortar Busa.	227
5.10.5 Perbandingan S_{tot} dan $H_{initial}$ Kondisi 1 dan Kondisi 2	234
BAB VI PENUTUP	239
6.1 Kesimpulan	239
6.2 Saran.....	241
DAFTAR PUSTAKA.....	243
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pembagian Koridor Dalam MP3EI	2
Gambar 1.2 Peta Lokasi Keseluruhan Jalan Tol Trans Jawa.....	3
Gambar 1.3 Lokasi Jalan Tol Solo – Kertosono	4
Gambar 1.4 Bahan Baku Busa (<i>Foam Agent</i>).....	5
Gambar 1.5 Campuran <i>Foam Agent</i> dan Air	5
Gambar 1.6 <i>Cross Section</i> Timbunan Jalan STA 150+225 dan STA 154+400	6
Gambar 2.1 Korelasi Nilai <i>Cv</i> Terhadap <i>LL</i>	13
Gambar 2.2 Tampilan Menu Utama <i>Geostudio</i>	18
Gambar 2.3 Tampilan Menu Utama <i>Xstabl</i>	19
Gambar 2.4 Nilai Modulus Young dan <i>Poisson Ratio</i>	24
Gambar 2.5 Diagram Penambahan Tegangan ($\Delta\sigma'$) Akibat Timbunan	24
Gambar 2.6 Grafik <i>Influence Factor</i> Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Trapesium.....	26
Gambar 2.7 Grafik <i>Influence Factor</i> Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Segiempat	27
Gambar 2.8 Grafik <i>Influence Factor</i> Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Segitiga.....	28
Gambar 2.9 Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Pemampatan	29

Gambar 2.10 Sketsa Perbedaan Pemampatan (<i>Differential Settlement</i>)	31
Gambar 2.11 Pemasangan <i>Vertical Drain</i>	35
Gambar 2.12 Pola Pemasangan Segiempat ($D = 1,13 \times s$)	37
Gambar 2.13 Pola Pemasangan Segitiga ($D = 1,05 \times s$)	37
Gambar 2.14 Diameter Ekuivalen PVD.....	38
Gambar 2.15 Pembebanan Timbunan Secara Bertahap.....	42
Gambar 2.16 Penggunaan <i>Geotextile</i> Pada Lereng Timbunan Tanah.....	46
Gambar 2.17 Macam – macam Kondisi Stabilitas Timbunan Akibat <i>Geotextile</i>	46
Gambar 2.18 Faktor Reduksi Kekuatan <i>Geotextile</i>	48
Gambar 2.19 Diagram Tegangan Tanah Akibat Beban.....	49
Gambar 2.20 Sketsa Peningkatan Kekuatan Geser Tanah Akibat Pemasangan Cerucuk (<i>Micropile</i>)	55
Gambar 2.21 Asumsi Posisi Cerucuk (<i>Micropile</i>) Sebagai Konstruksi Penahan Terhadap Keruntuhan Geser Di Lapangan	56
Gambar 2.11 Asumsi Tiang Pancang Kelompok Penahan Gaya Lateral Yang Digunakan Sebagai Dasar Untuk Mencari Tahanan Geser Cerucuk	56
Gambar 2.23 Kurva Untuk Mencari Harga f Dari Berbagai Jenis Tanah.....	58
Gambar 2.24 Grafik Untuk Menentukan Besarnya F_m	59
Gambar 2.25 Prosedur Desain Jumlah Cerucuk	64

Gambar 2.26 Kurva Hubungan Tinggi Timbunan Dengan Intensitas Beban Yang Bersesuaian Dengan Beban Lalu Lintas..	67
Gambar 2.27 Grafik Gradasi Agregat Pasir Untuk Mortar Busa	70
Gambar 3.1 Diagram Alir	74
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai N – SPT dan Kedalaman...	82
Gambar 4.2 Grafik Parameter Tanah Pada Tiga Titik Pengeboran Menurut Kedalaman	85
Gambar 4.3 Sketsa Gambar Data Stratigrafi Tanah.....	86
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250	108
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250	108
Gambar 5.3 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 150+250.....	110
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Mortar Busa STA 150+250	112
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 150+250	113
Gambar 5.6 Posisi Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Titik $x = 0,5b$, (b) Titik $x = b$	118
Gambar 5.7 Posisi Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Titik $x = 0,5d$, (b) Titik $x = d$	122

Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Waktu Pemampatan (t) Dan Besar Pemampatan (Sc) Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 154+000.....	129
Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Waktu Pemampatan (t) Dan Besar Pemampatan (Sc) Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 154+000.....	130
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu (t) Pada PVD Pola Segitiga.....	140
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu (t) Pada PVD Pola Segiempat	140
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Nilai Pemampatan (s) dan Waktu Pentahapan (t) Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250.....	151
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Nilai Pemampatan (s) dan Waktu Pentahapan (t) Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250.....	152
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Perencanaan PVD STA 150+250 – STA 154+400.....	155
Gambar 5.15 Grafik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400.....	156
Gambar 5.16 Grafik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400.....	157
Gambar 5.17 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Dengan Program Bantu <i>Xstabl</i> ; (a) <i>Safety Factor</i> , (b) Koordinat	

Kelongsoran Timbunan, (c) Jari – jari Kelongsoran dan M_{Rmin}	162
Gambar 5.18 Grafik Hasil Analisis Kelongsoran Lereng Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	167
Gambar 5.19 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Dengan ΔM_R Terbesar.....	172
Gambar 5.20 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Tanpa Penimbunan Bertahap.....	175
Gambar 5.21 Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung <i>Micropile</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	183
Gambar 5.22 Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500 ..	187
Gambar 5.23 Ilustrasi Metode <i>Material Replacement</i> Kondisi 1	209
Gambar 5.24 Ilustrasi Metode <i>Material Replacement</i> Kondisi 2	209
Gambar 5.25 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1).....	214
Gambar 5.26 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1).....	215
Gambar 5.27 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material</i> <i>Replacement</i> (Kondisi 1)	219

Gambar 5.28 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1).....	221
Gambar 5.29 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1).....	222
Gambar 5.30 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	226
Gambar 5.31 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	227
Gambar 5.32 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	231
Gambar 5.33 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	233
Gambar 5.34 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	234

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Korelasi Berdasarkan Konsistensi Tanah (Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung).....	12
Tabel 2.2 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai N-SPT.....	13
Tabel 2.3 Tabel Nilai Derajat Kebebasan $t_{(db)}$	16
Tabel 2.4 Nilai <i>Tolerable Settlement</i>	32
Tabel 2.5 Rumus Penambahan Tegangan Efektif $U < 100\%$	43
Tabel 2.6 Model Persamaan Cerucuk Untuk Masing – Masing Variasi Perlakuan	63
Tabel 2.7 Berat Volume Untuk Perencanaan Beban Mati	65
Tabel 2.8 Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga..	66
Tabel 2.9 Gradasi Pasir Untuk Material Ringan Mortar Busa.	70
Tabel 2.10 Kuat Tekan Minimum Mortar Busa Lapis Pondasi Atas (<i>Base</i>).....	72
Tabel 2.11 Kuat Tekan Minimum Mortar Busa Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase</i>).....	72
Tabel 4.1 Tabel 4.1 Tabel Pengecekan Korelasi Konsistensi Tanah Berdasarkan Nilai N-SPT	83
Tabel 4.2 Spesifikasi Material Timbunan.....	88
Tabel 4.3 Data Hasil Rekapitulasi H_{final} dan Lebar Timbunan STA 150+250 – STA 154+400	89
Tabel 4.4 Data Hasil Rekapitulasi Beban Lalu Lintas STA 150+250 – STA 154+400.....	91

Tabel 4.5 Rekapitulasi Pembebanan Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250	92
Tabel 4.6 Rekapitulasi Pembebanan Pada Timbunan Mortar Busa STA 150+250	93
Tabel 5.1 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 150+250	99
Tabel 5.2 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 150+250	105
Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250	107
Tabel 5.4 Penentuan H_{final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa STA 150+250	109
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Mortar Busa STA 150+250	112
Tabel 5.6 Rekapitulasi Nilai $H_{initial}$ dan S_{tot} STA 150+250 – STA 154+400	114
Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai $H_{initial}$ dan S_{tot} STA 150+250 – STA 154+400 (Tanpa q_{LL})	115
Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai $H_{initial}$ Untuk Mencari Nilai H_{final} efektif	117
Tabel 5.9 Rekapitulasi Besar Pemampatan Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3	119
Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai <i>Tolerable Settlement</i> Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3	120

Tabel 5.11 Rekapitulasi Besar Pemampatan Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3	123
Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai <i>Tolerable Settlement</i> Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3	124
Tabel 5.13 Data Tanah STA 150+250 Untuk Perhitungan Waktu Pemampatan	126
Tabel 5.14 <i>Rate Of Settlement</i> Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250	127
Tabel 5.15 <i>Rate Of Settlement</i> Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 150+250	127
Tabel 5.16 <i>Rate Of Settlement</i> Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 154+000	129
Tabel 5.17 <i>Rate Of Settlement</i> Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 154+000	130
Tabel 5.18 Rekapitulasi Waktu Pelaksanaan <i>Overlay</i> Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400.....	133
Tabel 5.19 Rekapitulasi Waktu Pelaksanaan <i>Overlay</i> Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400.....	134
Tabel 5.20 Perhitungan Nilai Faktor Hambatan PVD untuk PVD Pola Segitiga.....	136
Tabel 5.21 Perhitungan Nilai Faktor Hambatan PVD untuk PVD Pola Segiempat	138

Tabel 5.22 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 Pada Derajat Konsolidasi, $U = 100\%$	145
Tabel 5.23 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 150+250 Pada Derajat Konsolidasi, $U = 100\%$	145
Tabel 5.24 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 Pada $U < 100\%$	147
Tabel 5.25 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 Pada $U < 100\%$	147
Tabel 5.26 Perhitungan Kenaikan Nilai C_u Tanah Dasar Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250.....	148
Tabel 5.27 Perhitungan Kenaikan Nilai C_u Tanah Dasar Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 150+250.....	149
Tabel 5.28 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat Penimbunan Secara Bertahap Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250.....	150
Tabel 5.29 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat Penimbunan Secara Bertahap Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250.....	152
Tabel 5.30 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Perencanaan PVD STA 150+250 – STA 154+400	154
Tabel 5.31 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400	156

Tabel 5.32 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400	157
Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai SF (<i>Safety Factor</i>) Minimum Pada Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400.....	159
Tabel 5.34 Rekapitulasi Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i> Di Belakang Bidang Longsor (L_E) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	166
Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Panjang <i>Geotextile</i> Di Depan Bidang Longsor (L_R) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	168
Tabel 5.36 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Lipatan <i>Geotextile</i> (L_O) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500	168
Tabel 5.37 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total <i>Geotextile</i> (L_{tot}) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500	169
Tabel 5.38 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan <i>Geotextile</i> Terbanyak	170
Tabel 5.39 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan <i>Geotextile</i> Dengan ΔM_R Terbesar Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500....	173
Tabel 5.40 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan <i>Geotextile</i> Tanpa Penimbunan Bertahap Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500	177
Tabel 5.41 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan <i>Geotextile</i> Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu.....	178

Tabel 5.42 Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung <i>Micropile</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	183
Tabel 5.43 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan <i>Micropile</i> Terbanyak.....	184
Tabel 5.44 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan <i>Micropile</i> Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu.....	186
Tabel 5.45 Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500.....	188
Tabel 5.46 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang Terbanyak.....	189
Tabel 5.47 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu.....	190
Tabel 5.48 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Material Tanah Sirtu Pada Timbunan STA 150+250 – STA 154+400	194
Tabel 5.49 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Material Mortar Busa Pada Timbunan STA 150+250 – STA 154+400	194
Tabel 5.50 Rekapitulasi Perhitungan Biaya <i>Overlay</i> Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400.....	196
Tabel 5.51 Rekapitulasi Perhitungan Biaya <i>Overlay</i> Pada Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400.....	197
Tabel 5.52 Rekapitulasi Perhitungan Biaya PVD Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400.....	200

Tabel 5.53 Rekapitulasi Perhitungan Biaya PVD Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400.....	200
Tabel 5.54 Rekapitulasi Perhitungan Biaya <i>Geotextile</i> Untuk Timbunan STA 150+250 – STA 154+400.....	202
Tabel 5.55 Rekapitulasi Perhitungan Biaya <i>Micropile</i> Untuk Timbunan STA 150+250 – STA 154+400.....	204
Tabel 5.56 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Tiang Pancang Untuk Timbunan STA 150+250 – STA 154+400.....	204
Tabel 5.57 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan Awal Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400 (Dengan <i>Micropile</i>)	205
Tabel 5.58 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan Awal Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400	206
Tabel 5.59 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan Awal Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400 (Dengan Tiang Pancang)	207
Tabel 5.60 Rekapitulasi <i>Immediat Settlement</i> Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000	211
Tabel 5.61 Rekapitulasi Nilai Total Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1)	212
Tabel 5.62 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1)	214

Tabel 5.63 Rekapitulasi <i>Immediat Settlement</i> Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000	217
Tabel 5.64 Rekapitulasi Nilai Total Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1)	218
Tabel 5.65 Penentuan H_{Final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1).....	218
Tabel 5.66 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 1)	221
Tabel 5.67 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2)	224
Tabel 5.68 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2)	226
Tabel 5.69 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2)	229
Tabel 5.70 Penentuan H_{Final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2).....	230
Tabel 5.71 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah <i>Material Replacement</i> (Kondisi 2)	233
Tabel 5.72 Rekapitulasi Perbandingan Nilai $H_{initial}$ dan S_{tot} Pada Kondisi 1 dan Kondisi 2	235

Tabel 5.73 Rekapitulasi Perbandingan Nilai Stot Timbunan Tanah Sirtu Sebelum dan Setelah Material Replacement STA 150+250 – STA 154+400	236
--	-----

Tabel 5.74 Rekapitulasi Perbandingan Nilai S_{tot} Timbunan Mortar Busa Sebelum Dan Setelah <i>Material Replacement</i> STA 150+250 – STA 154+400	237
--	-----

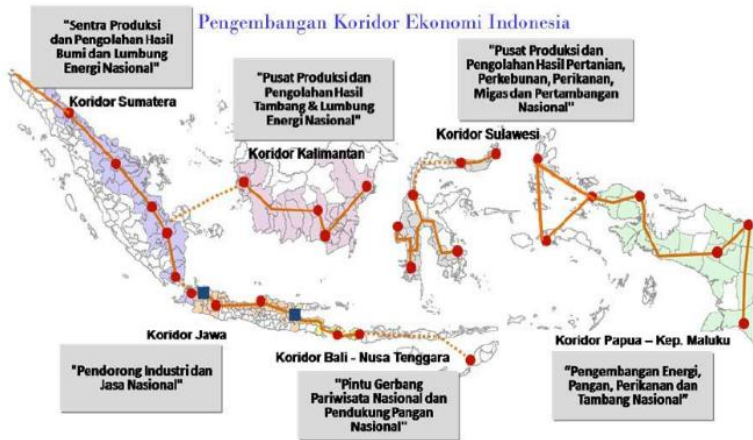
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur atau prasarana perhubungan darat yang sangat berperan bagi kelangsungan taraf hidup masyarakat. Selain itu, jalan tol juga memiliki fungsi yang tidak kalah penting jika dibandingkan dengan infrastruktur lainnya yaitu sebagai tolok ukur kemajuan suatu negara. Program pembangunan nasional di sektor jalan tol telah menjadi prioritas utama sejak era pemerintahan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono tahun 2011 melalui Master Plan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI). Program pembangunan ini kemudian dilanjutkan oleh Presiden Joko Widodo guna memperkuat konektivitas antar wilayah serta memperkecil ketimpangan sosial yang terjadi. MP3EI ini dimaksudkan untuk mempercepat dan memperkuat pembangunan ekonomi Indonesia sesuai dengan potensi masing-masing wilayah. Dari **Gambar 1.1**, terdapat 6 koridor ekonomi (KE) yang memiliki potensi yang berbeda – beda.



Gambar 1.1 Pembagian Koridor Dalam MP3EI
(Sumber: Gilang, 2012, MP3EI Koridor Bali – Nusa Tenggara)

Dalam 2 (dua) tahun terakhir ini, pemerintah telah mempercepat pembangunan jalan nasional sepanjang 2.225 km, jalan tol sepanjang 132 km, dan jembatan sepanjang 16.246 m. Untuk berbagai keperluan percepatan pembangunan infrastruktur tersebut, pemerintah melalui Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPPIP) menetapkan lebih dari 30 proyek infrastruktur sebagai proyek prioritas tahun 2016 – 2019. Salah satu dari proyek tersebut adalah Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono.

Jalan Tol Solo – Kertosono merupakan bagian dari pembangunan proyek Jalan Tol Trans Jawa. Jalan Tol Trans Jawa adalah jaringan jalan tol antar kota di Pulau Jawa dengan tujuan utamanya untuk menghubungkan 2 (dua) kota terbesar di Indonesia, yaitu Jakarta dan Surabaya. Seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1.2** di bawah ini, Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono direncanakan memiliki panjang total $\pm 177,12$ km dan berada dalam cakupan Provinsi Jawa Tengah hingga Jawa Timur. PT Jasa

Marga (Persero) Tbk. dan PT Waskita Karya (Persero) Tbk. adalah 2 perusahaan BUMN yang diberikan amanah untuk melanjutkan konstruksi dan operasi proyek ini. Jalan Tol Solo – Kertosono terdiri dari 2 ruas jalan yaitu Ruas Jalan Tol Solo – Ngawi dan Ruas Jalan Tol Ngawi – Kertosono.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Keseluruhan Jalan Tol Trans Jawa
(Sumber : Biaya.net, 2015, Jalan Tol Trans Jawa)

Ruas jalan yang pertama yaitu Ruas Tol Solo – Ngawi memiliki panjang 90,1 km. Proyek ini akan melewati wilayah Kabupaten Boyolali, Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Sragen, dan Kabupaten Ngawi. Ruas tol ini diharapkan selesai pada Oktober 2017. Sementara ruas jalan yang kedua yaitu Ruas Tol Ngawi – Kertosono memiliki panjang 87,02 km. Lokasi proyek ini berada di Kabupaten Jombang, Kabupaten Madiun, Kabupaten Magetan, Kabupaten Nganjuk, dan Kabupaten Ngawi. Untuk Jalan Tol Ruas Ngawi – Kertosono ini diharapkan dapat selesai pada Mei 2018.



Gambar 1.3 Lokasi Jalan Tol Solo – Kertosono
(Sumber: *maps.google.com*, 2016)

Jalan Tol Solo – Kertosono dibangun di atas timbunan jalan dengan kondisi tanah dasar adalah tanah relatif lunak yang memiliki daya dukung yang rendah dan pemampatan tanah dasar yang relatif besar. Oleh karena itu, perlu adanya desain perencanaan konstruksi timbunan jalan dari material yang aman dan cukup ringan agar pemampatan tanah dasar yang terjadi dapat diminimalisir. Saat ini telah banyak metode atau teknologi yang diterapkan untuk mengatasi berbagai permasalahan terkait stabilitas timbunan jalan. Tetapi di sisi lain, sudah ada beberapa proyek jalan dan jembatan di Indonesia yang telah mengaplikasikan suatu inovasi geoteknik yaitu timbunan ringan dengan material mortar busa (*foamed mortar embankment*).

Menurut penelitian yang telah dilakukan, timbunan ringan dengan material mortar busa yang dibangun di atas tanah lunak dapat mereduksi besar pemampatan tanah dasar yang terjadi karena memiliki berat volume yang relatif lebih ringan dibandingkan

timbunan dengan material pada umumnya, yaitu antara $0,6 \text{ t/m}^3$ – $1,2 \text{ t/m}^3$.



Gambar 1.4 Bahan Baku Busa (*Foam Agent*)

(Sumber: Munarto E. Sunaryo, 2014)



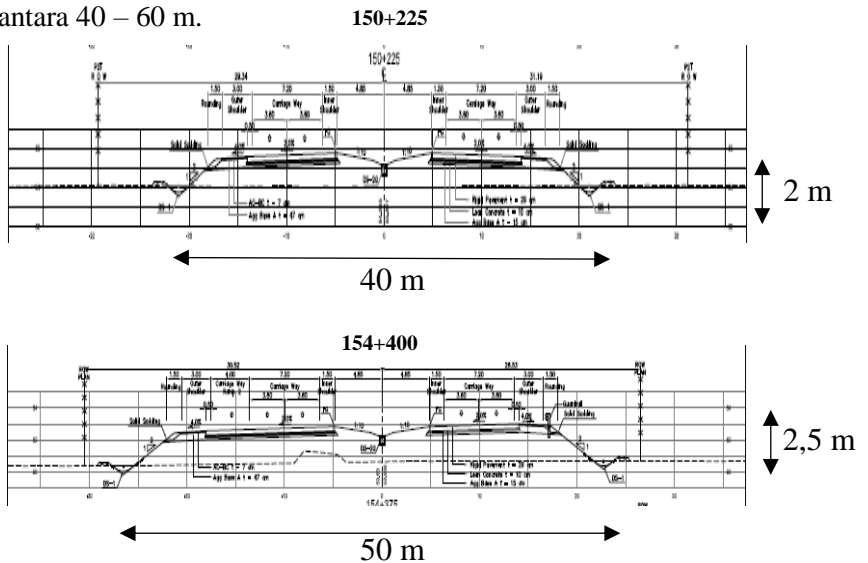
Gambar 1.5 Campuran *Foam Agent* dan Air

(Sumber: Munarto E. Sunaryo, 2014)

Handayani (2007) menyebutkan dalam studinya, tanah kohesif dapat diaplikasikan sebagai material campuran dengan busa. Material tersebut merupakan material setempat yang apabila dicampur dengan busa, maka akan mengembang hingga 4 (empat) kali volume awal sehingga kebutuhan material tidak banyak dan pengadaan material timbunan tidak perlu didatangkan dari lokasi lain. Keuntungan lain dari metode ini adalah nilai berat volume dan kekuatannya dapat direncanakan sesuai kebutuhan. Secara garis

besar material mortar busa terbuat dari campuran semen, pasir, busa (*Foam Agent*), dan air sesuai komposisi tertentu dan merujuk pada standar SNI yang telah ditentukan.

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono, seperti yang terlihat pada **Gambar 1.6**, jalan tol ini dibangun di atas timbunan dengan tinggi yang bervariasi, antara 1,5 m hingga 7 m tergantung pada elevasi jalan yang direncanakan. Rasio kemiringan timbunannya 1 : 2 dan lebar timbunan berkisar antara 40 – 60 m.



Gambar 1.6 *Cross Section* Timbunan Jalan STA 150+225 dan STA 154+400

Timbunan jalannya dibangun di atas tanah yang relatif lunak (*soft – medium stiff*) dengan dominan jenis tanah lempung berpasir dan lempung lanau dimana kedalamannya mencapai ± 20 meter dengan nilai $N - SPT$ rata – rata berkisar 5 – 13. Dalam pelaksanaan pekerjaan di proyek ini, metode perbaikan tanah dasar

yang dilakukan tidak menggunakan *Prefabricated vertical Drain* (PVD), melainkan melakukan *material replacement* yaitu mengganti lapisan tanah dasarnya sedalam 1 – 2 meter dengan material tanah yang lebih baik. Hal ini dikarenakan pengelola proyek menolak memakai PVD dengan alasan terkendala biaya. Akibatnya pemampatan tanah dasar yang terjadi relatif besar dan memungkinkan akan tetap berlangsung terus – menerus walaupun pembangunannya telah selesai. Resiko ini pula akan berdampak langsung pada jalan tol yang akan mengalami perubahan elevasi jalan akibat dari pemampatan tanah dasar yang tidak merata. Solusi yang rencananya akan dilakukan dalam mengatasi masalah ini adalah melakukan *overlay (levelling)*, yaitu penambahan ketebalan untuk tetap memenuhi elevasi jalan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Oleh karena adanya permasalahan tersebut, maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan studi perbandingan perencanaan timbunan jalan dengan 2 jenis material timbunan yang berbeda, yaitu material tanah sirtu dan material mortar busa. Metode perbaikan tanah dasar yang digunakan adalah metode pra – pembebanan (*pre-loading*) yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Kemudian, metode perkuatan timbunan yang digunakan yaitu dengan kombinasi *geotextile* dan *micropile*. Hasil dari beberapa metode perencanaan tersebut kemudian akan dibandingkan untuk menentukan metode alternatif yang paling efektif dan efisien dengan meninjau aspek stabilitas timbunan, pemampatan (*settlement*), *overlay*, dan biaya material yang dibutuhkan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Beban apa saja yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan timbunan jalan?
2. Bagaimana analisis kondisi tanah dasar di bawah timbunan jalan?
3. Bagaimana analisis pemampatan tanah dasar yang terjadi akibat timbunan jalan yang memakai material tanah sirtu dan mortar busa?
4. Bagaimana perencanaan perbaikan tanah dasar dengan metode pra – pembebanan (*pre-loading*) dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) akibat timbunan jalan yang memakai material tanah sirtu dan mortar busa?
5. Bagaimana analisis stabilitas timbunan jalan yang memakai material tanah sirtu dan mortar busa sebelum diberi perkuatan?
6. Bagaimana perencanaan perkuatan timbunan dengan metode *geotextile* dan *micropile* akibat timbunan jalan yang memakai material tanah sirtu dan mortar busa?
7. Bagaimana perbandingan perhitungan *overlay* akibat timbunan jalan yang memakai material tanah sirtu dan mortar busa?
8. Bagaimana pengaruh metode *material replacement* terhadap perencanaan timbunan jalan?
9. Berapa biaya material optimum yang dibutuhkan?
10. Bagaimana desain perencanaan timbunan jalan yang paling efektif dan ekonomis?

1.3 Lingkup Studi

Lingkup studi yang akan dikerjakan dalam Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Menghitung beban – beban yang bekerja dalam perencanaan timbunan jalannya.
2. Menghitung perbedaan pemampatan tanah dasar yang terjadi sebelum dan sesudah *material replacement* pada timbunan material tanah sirtu.
3. Menghitung perbedaan pemampatan tanah dasar yang terjadi sebelum dan sesudah *material replacement* pada timbunan material mortar busa.
4. Menghitung ketebalan *overlay* yang diperlukan dan penentuan lama waktu *overlay* antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa.
5. Merencanakan metode perbaikan tanah yang tepat dengan menggunakan *pre – loading* dan PVD pada lahan proyek Jalan Tol Solo – Kertosono.
6. Menghitung dan menganalisis stabilitas timbunan sebelum dipasang perkuatan.
7. Merencanakan alternatif perkuatan timbunan dengan menggunakan *geotextile* dan *micropile* antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa.
8. Menghitung dan menganalisis stabilitas timbunan setelah dipasang perkuatan.
9. Menghitung biaya material yang paling murah dari beberapa metode kombinasi perencanaan yang ada.
10. Menentukan metode yang paling efektif yang mampu diaplikasikan dengan meninjau aspek stabilitas, *settlement*, *overlay*, serta biaya material.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah membandingkan antara perencanaan timbunan jalan material tanah sirtu dan perencanaan timbunan ringan material mortar busa dengan meninjau beberapa aspek untuk mengetahui metode alternatif perencanaan mana yang paling efektif yang mampu diterapkan di Jalan Tol Solo – Kertosono.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang disusun dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Data yang digunakan adalah data tanah sekunder.
2. Tidak merencanakan geometri dan perkerasan jalan.
3. *Overlay* yang dihitung hanya dari aspek ketebalan *overlay* yang diperlukan dan penentuan lama waktu *overlay*.
4. Biaya yang akan dihitung hanya biaya material geoteknik saja.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari adanya Tugas Akhir ini adalah diharapkan dapat menjadi suatu solusi sekaligus metode alternatif dalam perencanaan timbunan jalan bagi seluruh proyek infrastruktur jalan di Indonesia.khususnya di Jalan Tol Solo – Kertosono.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah dan Karakteristik Tanah

Tanah adalah suatu material yang tersusun dari campuran butiran – butiran mineral dan kandungan bahan organik serta disertai dengan endapan. Pada umumnya tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen yaitu air, udara, dan partikel padat dimana air dan udara ini akan saling mengisi ruang kosong di antara partikel padat tersebut. Material tanah berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis – jenis tanah.

2.2 Analisis Parameter Tanah

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dilakukan untuk mengelompokkan tanah yang berbeda – beda tetapi mempunyai sifat serupa ke dalam kelompok dan sub – kelompok yang sama. Menurut sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) jenis – jenis tanah dibagi berdasarkan fraksi tanah/ukuran butirnya yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Tanah juga memiliki parameter – parameter penting yaitu berat volume (γ), sudut geser tanah (ϕ), dan kohesi tanah (C).

Kohesi tanah merupakan daya rekat antara partikel tanah dengan partikel tanah lainnya. Berdasarkan sifat lekatannya, tanah dibedakan menjadi tanah kohesif dan non – kohesif. Tanah kohesif

adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir – butirnya, contohnya lanau dan lempung. Sedangkan tanah non – kohesif tidak punya sifat lekatan, contohnya kerikil dan pasir.

Sudut geser tanah adalah besar sudut yang terbentuk pada partikel – partikel dalam tanah akibat adanya beban yang muncul. Tanah kohesif cenderung tidak memiliki sudut geser tanah, sedangkan tanah non – kohesif memiliki sudut geser tanah. Perilaku dan konsistensi tanah dari jenis ini pula berbeda satu sama lainnya.

2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris

Pembagian lapisan tanah yang didasarkan pada konsistensi tanah ditunjukkan pada **Tabel 2.1**, sedangkan korelasi berdasarkan nilai N-SPT ditunjukkan pada **Tabel 2.2** baik untuk tanah kohesif maupun non – kohesif.

Tabel 2.1 Tabel Korelasi Berdasarkan Konsistensi Tanah
(Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung)

Konsistensi Tanah	Kohesi = C_u (undrained shear strength) (kg/cm ²) (ton/m ²)	SPT ($\approx N$)	C_n (conus sondir) (kg/cm ²)
	0 - 0	0	0
Very soft	0,125 - 1,25	2 - 2,5	6 - 7,5
Soft	0,25 - 2,5	4 - 5	12 - 15
Medium	0,50 - 5,0	8 - 10	25 - 30
Stiff	1,0 - 10	16 - 20	50 - 60
Very stiff	2,0 - 20	32 - 40	100 - 120
Hard	4,0 - 40	80	250
Rock			

(Sumber: Mochtar, 2000)

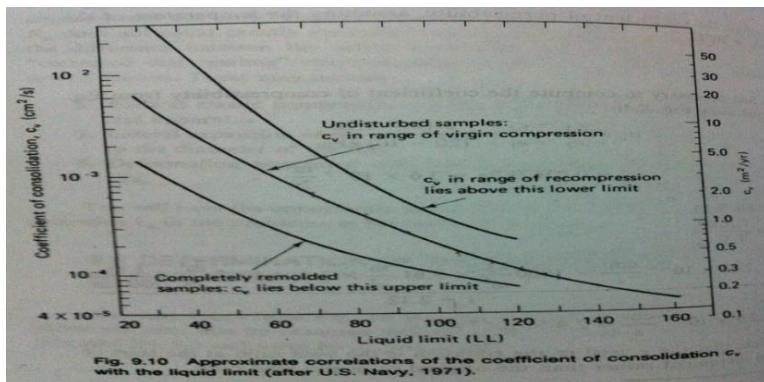
Tabel 2.2 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai N-SPT

N (blows)	Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent				
	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0 – 15	15 – 35	35 – 65	65 – 85	85 – 100

N (blows)	Cohesive Soil/Sol Cohérent				
	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q_u (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber: J.E. Bowles, 1984)

Pendekatan korelasi untuk mendapatkan nilai koefisien konsolidasi vertikal (C_v) dengan memperhatikan nilai dari batas cair/liquid limit (LL) ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

**Gambar 2.1** Korelasi Nilai C_v Terhadap LL

(Sumber: Holtz and Kovac, 1981)

Beberapa rumus empiris yang digunakan adalah rumus untuk mencari nilai dari indeks pemampatan (C_c) dan indeks mengembang (C_s). Indeks pemampatan dan indeks mengembang ini digunakan untuk menghitung besarnya pemampatan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi. Rumus empiris yang digunakan berdasarkan dari penelitian yang dikembangkan oleh Kosasih dan Mochtar (1986) yaitu sebagai berikut :

$$C_c = 0.006 LL + 0.13 e_0^2 - 0.13 \quad (2.1)$$

$$C_s = 0.002 LL + 0.02 e_0^2 - 0.05 \quad (2.2)$$

Keterangan :

C_c = Indeks kompresi

C_s = Indeks mengembang

LL = Batas cair (%)

e_0 = Angka pori

2.2.3 Pendekatan Dengan Statistik Distribusi

Sebelum menentukan stratigrafi lapisan tanah, sebaiknya perlu dilakukan pendekatan nilai dengan statistik sederhana terhadap data parameter tanah yang dimiliki. Beberapa persamaan statistik tersebut antara lain sebagai berikut :

- Rata-rata (Mean)

$$\bar{X} = \sum_{n=1}^1 X \quad (2.3)$$

- Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum (x - U)^2}{n}} \quad (2.4)$$

Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi. Pada Tugas Akhir ini, digunakan derajat

kepercayaan sebesar 90%. Bentuk umum dari derajat kepercayaan adalah batas bawah $< (\mu) < \text{batas atas}$ dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{X} - \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(db)} < (\mu) < \bar{X} + \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(db)} \quad (2.5)$$

Keterangan :

\bar{X}	= Nilai rata – rata
STD	= Nilai standar deviasi
n	= Jumlah data
$t_{(db)}$	= Derajat kebebasan (pengali)
(μ)	= Nilai parameter tanah

Nilai dari $t_{(db)}$ bisa didapatkan dari **Tabel 2.3**. Karena dalam perencanaan akan digunakan derajat kepercayaan sebesar 90%, maka nilai $\alpha = 0,1$ (kemungkinan terjadinya *error* sebesar 10%) dan nilai $v = n - 1$

Tabel 2.3 Tabel Nilai Derajat Kebebasan $t_{(db)}$

v	α						
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	318,289	636,578
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,328	31,600
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,214	12,924
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,894	6,869
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,610	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,768
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,689
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,660
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	3,261	3,496
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	3,174	3,390
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,160	3,373
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

(Sumber: Statistik Untuk Teknik)

2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Suatu daerah yang memiliki 2 (dua) permukaan tanah dengan ketinggian yang berbeda dan dihubungkan oleh suatu permukaan yang mempunyai kemiringan disebut dengan lereng. Adanya perbedaan elevasi permukaan tanah dan ketinggian muka air tanah memungkinkan mengakibatkan terjadinya kelongsoran/

keruntuhan. Makin besar beban yang mengenainya dan semakin fluktuatif pergerakan air dalam tanah, maka makin besar pula peluang terjadinya kelongsoran lereng tersebut. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya kelongsoran yang terjadi, perlu dilakukan analisis terlebih dahulu.

Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menentukan angka/faktor keamanan (*SF/Safety Factor*) terlebih dahulu. *SF* didapatkan dengan cara membandingkan tegangan geser rata – rata tanah dengan tegangan geser rata – rata yang bekerja di sepanjang bidang longsor, yang didefinisikan sebagai berikut :

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2.6)$$

Keterangan :

F_s = Angka keamanan rencana.

τ_f = Tegangan geser rata-rata tanah.

τ_d = Tegangan geser rata-rata yang bekerja di sepanjang bidang longsor.

Bila dalam analisis didapatkan bahwa $SF < 1$, maka dapat disimpulkan bahwa lereng dalam keadaan akan longsor. Pada umumnya harga 1,5 adalah angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan stabilitas lereng (Das, 1985).

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk melakukan analisis stabilitas lereng, salah satunya adalah metode bishop. Bishop (1995) memperkenalkan suatu metode yang digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng yaitu dengan cara memperhitungkan gaya – gaya antar irisan. Metode bishop mengasumsikan bidang longsornya berbentuk busur lingkaran. Saat ini metode bishop paling banyak digunakan dan penerapannya

sudah banyak diaplikasikan dalam beberapa *software*/program komputer, salah satunya adalah *Geostudio* dan *Xstabl*.

2.3.1 *Geostudio*

Geostudio adalah sebuah program komputer yang dipakai untuk menganalisis berbagai masalah geoteknik dan geolingkungan. Program ini memiliki beberapa menu utama dimana tiap – tiap menu mempunyai fungsi analisis yang terintegrasi satu sama lain. Tampilan menu utama dari *Geostudio* dapat dilihat pada **Gambar 2.2** di bawah ini.



Gambar 2.2 Tampilan Menu Utama *Geostudio*
(Sumber: *search.google.com*, 2016)

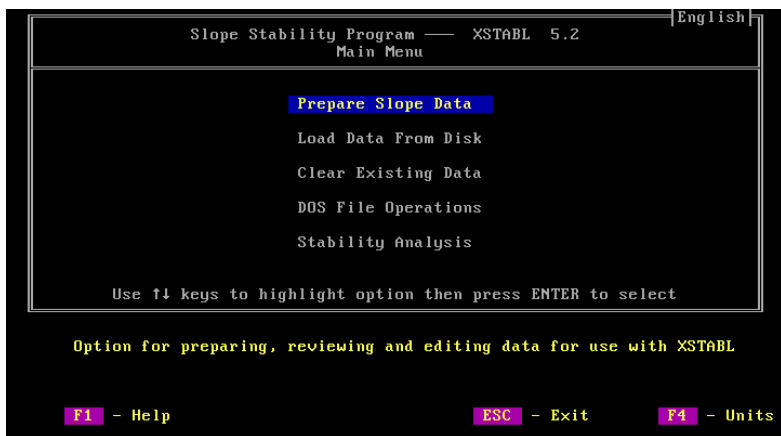
Menu yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada Tugas Akhir ini adalah SLOPE/W. Menu utama ini merupakan menu perangkat lunak yang digunakan untuk mencari faktor keamanan timbunan, momen penahan/momen *resistance* (M_R), Momen dorong (M_D), dan bidang kelongsoran serta koordinat pusatnya sebagai dasar dari analisis stabilitas timbunan. Input yang

dimasukkan ke dalam program ini untuk analisis stabilitas lereng timbunan adalah :

- Input geometri timbunan
- Input lapisan tanah dasar di bawah timbunan
- Input parameter tanah yaitu berat volume (γ), sudut geser tanah (ϕ), dan kohesi tanah (C) dan parameter tanah lainnya
- Input elevasi muka air tanah
- Input lain yang dibutuhkan sesuai dengan permodelan timbunan

2.3.2 *Xstabl*

Xstabl adalah program yang tidak jauh berbeda dengan *Geostudio*. Program ini dipakai untuk menganalisis masalah kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan. Tampilan menu utama dari *Xstabl* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Tampilan Menu Utama *Xstabl*
(Sumber: *search.google.com*, 2016)

Menu yang harus dipilih untuk melakukan analisis adalah “*Prepare Slope Data*”. Di dalamnya, terdapat beberapa sub – menu yang digunakan untuk menginput koordinat *surface* dan *sub – surface* timbunan, data paramater tanah, data fluktuasi air, data beban, serta analisis kelongsoran timbunan.

2.4 Pemampatan Tanah Dasar

Pembebanan di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan tanah dasar mengalami pemampatan. Pemampatan (*settlement*) pada lapisan tanah dapat dibagi dalam 2 (dua) kelompok, yaitu :

- a. Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah yang jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati ruang pori tanah. Pemampatan konsolidasi umumnya dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.
- b. Pemampatan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air

Wahyudi (1997) menjelaskan bahwa besar pemampatan tanah total (S_{tot}) adalah :

$$S_{tot} = S_i + S_{cp} + S_{cs} + S_{lat} \quad (2.7)$$

Keterangan :

S_{tot} = Pemampatan total / *total settlement*

S_i = Pemampatan segera / *immediate settlement*

S_{cp} = Pemampatan konsolidasi primer

S_{cs} = Pemampatan konsolidasi sekunder

S_{lat} = Pemampatan akibat gaya tanah lateral

Pada perhitungan penurunan tanah, S_{cs} umumnya diabaikan (relatif sangat kecil) dan S_{lat} jarang dihitung.

2.4.1 Pemampatan Konsolidasi / *Consolidation Settlement*

Penambahan beban di atas lapisan tanah dasar terutama yang jenuh air akan menyebabkan tekanan air pori meningkat sehingga air akan berusaha keluar dari pori – pori tanah. Pemampatan tanah tersebut disebut sebagai pemampatan konsolidasi primer.

Tanah pada kedalaman tertentu biasanya telah mengalami tegangan efektif pra – konsolidasi, yaitu tegangan efektif terbesar yang pernah dialami di masa lalu. Tegangan efektif pra – konsolidasi dapat bernilai lebih kecil atau sama dengan tegangan *overburden* efektif saat ini. Ada 2 kategori jenis tanah berdasarkan pada sejarah tegangan yang dimiliki yaitu :

1. NC (*Normally Consolidated*) Soil adalah tegangan *overburden* efektif saat ini merupakan tegangan terbesar yang pernah dialami oleh tanah tersebut.
2. OC (*Over Consolidated*) Soil adalah tegangan *overburden* efektif saat ini lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah sebelumnya

Kategori tersebut bergantung dari angka *Over Consolidation Ratio* (OCR) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$OCR = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \quad (2.8)$$

Keterangan :

σ_c' = Tegangan efektif pra – konsolidasi

σ_o' = Tegangan *overburden* efektif

NC – Soil mempunyai angka $OCR = 1$ dan OC – Soil mempunyai angka $OCR > 1$. Secara umum besar pemampatan

konsolidasi pada lapisan tanah lunak setebal H meter dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985) yaitu :

- Besar pemampatan untuk tanah NC (*Normally Consolidated Soil*) :

$$S_{ci} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_c \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right] \quad (2.9)$$

- Besar pemampatan untuk tanah OC (*Over Consolidated Soil*) :
Bila $(\sigma_o' + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$

$$S_{ci} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right] \quad (2.10)$$

Bila $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$

$$S_{ci} = \left[\frac{H}{1+e_o} C_s \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \right] + \left[\frac{H}{1+e_o} C_c \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right] \quad (2.11)$$

Keterangan :

S_{ci} = Besar pemampatan (m)

H_i = Tebal lapisan tanah ke-i

e_o = Angka pori awal

C_c = Indeks pemampatan dari lapisan ke-i

C_s = Indeks mengembang dari lapisan ke-i

σ_o' = Tegangan overburden efektif (*effective overburden pressure*)

σ_c' = Tegangan pra – konsolidasi

$\Delta\sigma$ = Penambahan tegangan vertikal

Tegangan *overburden* efektif adalah tegangan vertikal efektif dari lapisan tanah asli akibat beban / lapisan tanah di atas titik tanah asli yang ditinjau. Tegangan *overburden* efektif didapatkan dengan rumu sebagai berikut :

$$\sigma'_o = \gamma' \cdot H \quad (2.12)$$

Keterangan :

γ' = berat jenis efektif tanah ($\gamma_{sat} - \gamma_w$)

H = kedalaman lapisan tanah hingga titik yang ditinjau

Semua persamaan pemampatan konsolidasi berlaku untuk lapisan tanah yang compressible / mudah mampat.

2.4.2 Pemampatan Segera / *Immidiata Settlement*

Dalam perhitungan pemampatan segera, Biarez menyajikan suatu formula sederhana untuk menghitung besarnya pemampatan segera dari tanah yang berlapis – lapis sesuai dengan Persamaan (2.13) berikut :

$$S_i = q \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right) \quad (2.13)$$

Keterangan :

q = Tegangan di permukaan tanah akibat *surchage*

hi = Tebal lapisan tanah ke-i

E'i = Modulus oedometrik pada lapisan ke-i

Korelasi antara modulus Young dan modulus oedometrik yaitu sebagai berikut :

$$E = E' \left(1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \right) \quad (2.14)$$

Keterangan :

E = Modulus young pada lapisan tanah ke-i

μ = *poisson ratio*

Nilai dari modulus young dan *poisson ratio* ditunjukkan oleh **Gambar 2.4** di bawah ini.

Modulus elastisitas dari YOUNG . . .

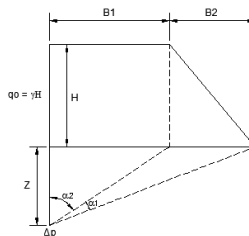
- Lempung lunak , $E = 1380 - 3450 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0.15 - 0.25$
- Lempung keras , $E = 5865 - 13800 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0.20 - 0.50$
- Pasir lepas , $E = 10350 - 27600 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0.20 - 0.40$
- Pasir padat , $E = 34500 - 69000 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0.25 - 0.45$

dimana μ = koefisien POISSON.

Gambar 2.4 Nilai Modulus Young dan *Poisson Ratio*
(Sumber: *Herman Wahyudi, Pondasi Lanjut*)

2.5 Distribusi Tegangan Tanah ($\Delta\sigma'$)

$\Delta\sigma'$ adalah tambahan tegangan yang diakibatkan dari pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah – tengah lapisan. Diagram tegangan tanah akibat timbunan seperti yang diperlihatkan di **Gambar 2.5** yaitu :



Gambar 2.5 Diagram Penambahan Tegangan ($\Delta\sigma'$) Akibat Timbunan

(Sumber: *Principles of Foundation Engineering, Second Edition*)

Besarnya nilai dari $\Delta\sigma'$ yaitu :

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{\pi} x \left[\left(\frac{B_1+B_2}{B_2} \right) x (\alpha_1 + \alpha_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} x \alpha_2 \right) \right] \quad (2.15)$$

Keterangan :

q_0 = Beban timbunan (t/m^2) $\rightarrow q_0 = \gamma_{\text{timb}} \times h_{\text{timb}}$

$\Delta\sigma'$ = Besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan (t/m^2)

$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1+B_2}{z} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{B_1}{z} \right)$ (radian)

$\alpha_2 = \tan^{-1} x \left(\frac{B_1}{z} \right)$ (radian)

B_1 = $\frac{1}{2}$ Lebar timbunan

B_2 = Panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

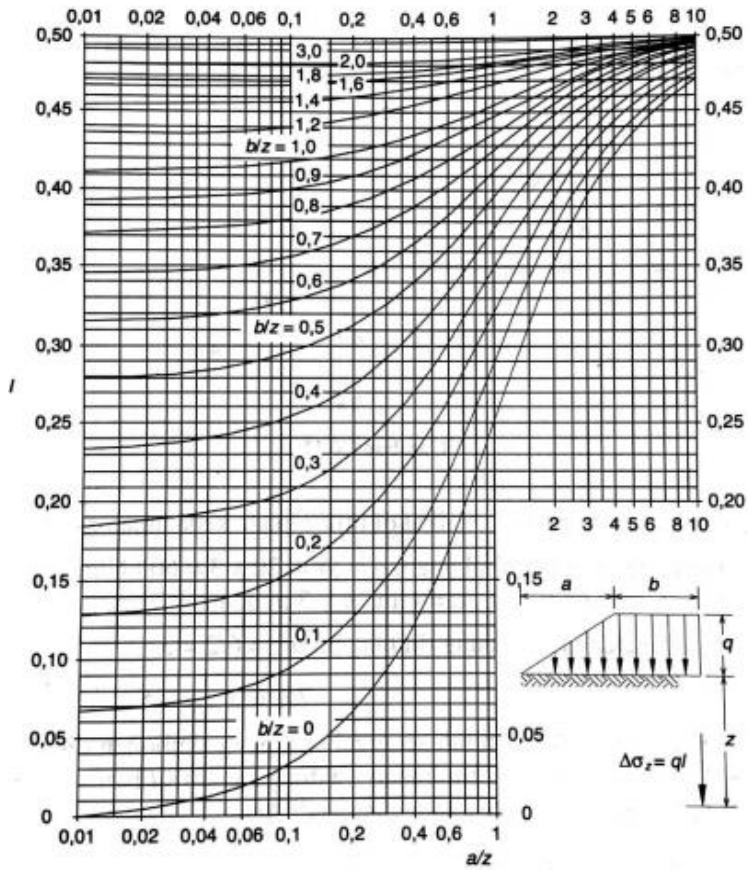
Yang perlu diperhatikan yaitu Nilai $\Delta\sigma'$ yang diperoleh adalah untuk $\frac{1}{2}$ dari bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan yang simetris maka nilai I yang diperoleh harus dikali dua sehingga berubah menjadi :

$$\Delta\sigma' = 2 \times I \times q_0 \quad (2.16)$$

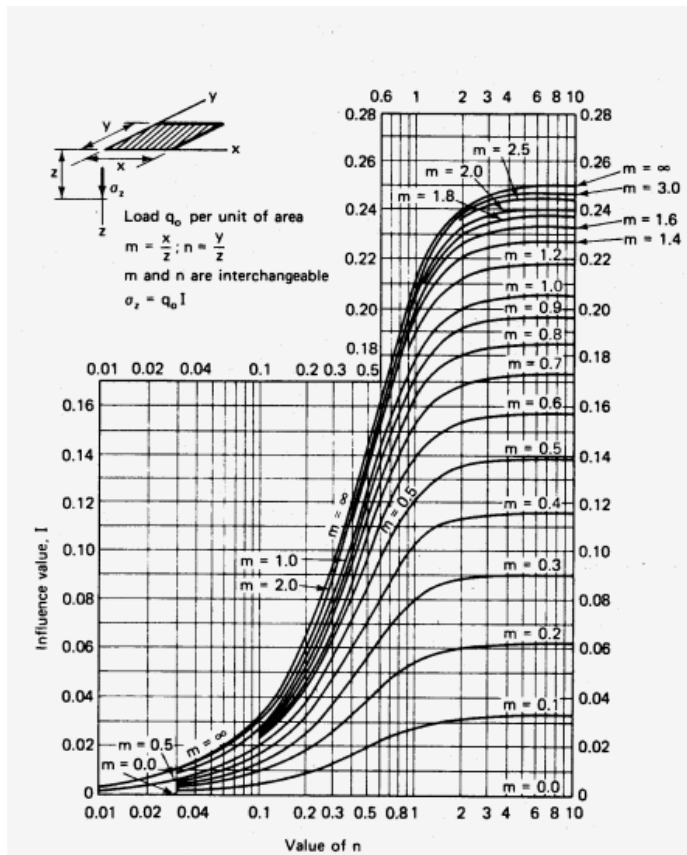
Keterangan :

q = Tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

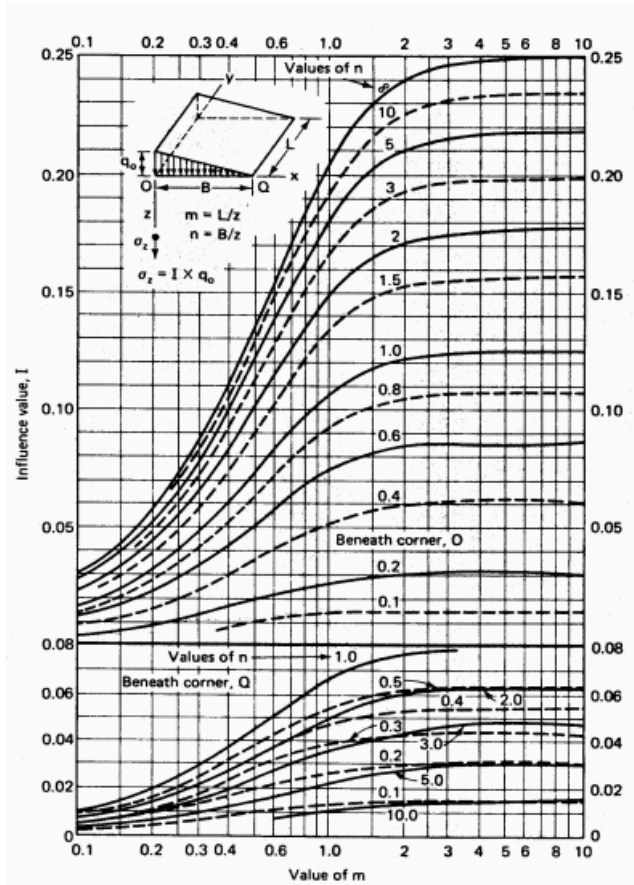
I = Faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan dari kurva NAVFAC DM-7, 1971



Gambar 2.6 Grafik *Influence Factor* Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Trapesium



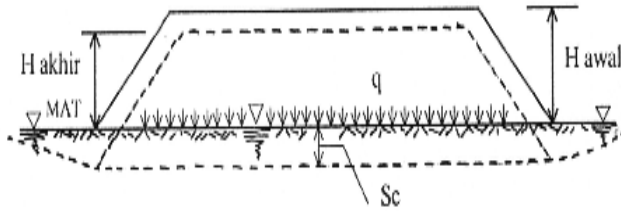
Gambar 2.7 Grafik *Influence Factor* Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Segiempat



Gambar 2.8 Grafik *Influence Factor* Untuk Beban Merata Pada Luasan Bentuk Segitiga

2.6 Perhitungan Tinggi Timbunan

Penggunaan pra – pembebanan (*preloading*) dan beban tambahan (*surcharge*) dalam mencari tinggi timbunan bertujuan untuk mempercepat proses terjadinya pemampatan tanah dasar yang diprediksi.



Gambar 2.9 Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Pemampatan
(Sumber: Mochtar, 2000)

2.6.1 Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) dan Tinggi Timbunan Akhir (H_{final})

Tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) pada saat pelaksanaan cenderung berbeda dengan tinggi timbunan rencana ($H_{rencana}$). Perlu diperhatikan bahwa besarnya pemampatan terjadi pada lapisan tanah dasar. Untuk mencari besarnya tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) digunakan persamaan yaitu :

$$q = (H_{initial} - S_c) * \gamma_{timb} + S_c * \gamma'_{timb} \quad (2.17)$$

$$q = (H_{initial} \times \gamma_{timb}) - (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb}) \quad (2.18)$$

$$H_{initial} = \frac{(q + (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb}))}{\gamma_{timb}} \quad (2.19)$$

$$H_{akhir} = H_{initial} - S_c \quad (2.20)$$

Keterangan :

H_{initial} = Tinggi timbunan awal

H_{akhir} = Tinggi timbunan akhir

S_c = Total penurunan tanah akibat timbunan H

γ'_{timb} = Berat volume efektif material timbunan

Bila $\gamma_{\text{sat}} = \gamma_{\text{timb}}$, maka,

$$q = H_{\text{initial}} \cdot \gamma_{\text{timb}} - S_c \cdot \gamma_w \quad (2.21)$$

$$H_{\text{initial}} = \frac{q + S_c \times \gamma_w}{\gamma_{\text{timb}}} \quad (2.22)$$

Penentuan Tinggi timbunan awal (H_{initial}) juga bisa dilakukan dengan metode grafis, yaitu dengan mencari nilai titik potong antara kurva S_{tot} versus H_R dengan kurva H_R -H versus H_R , dimana :

Keterangan :

S_{tot} = Pemampatan total

H = Tinggi timbunan rencana (*fixed*)

H_R = Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan

2.7 Perbedaan Pemampatan (*Differential Settlement*)

Pembebanan yang diberikan di atas permukaan tanah dapat mengakibatkan pemampatan pada lapisan tanah di bawahnya. Karena sifat alami tanah dan faktor dari kekakuan strukturnya menyebabkan pemampatan yang terjadi di titik tengah beban memiliki besar pemampatan yang berbeda dengan di titik lain selain di titik tengah beban sehingga perlu adanya perhitungan kemungkinan terjadinya perbedaan pemampatan (*differential settlement*). Perbedaan pemampatan tersebut perlu diperhitungkan agar tidak merusak struktur di atasnya.

Nilai dari *differential settlement* tersebut disebut toleransi pemampatan (*tolerable settlement*) yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$\beta = \frac{S_i - S_j}{L} \quad (2.23)$$

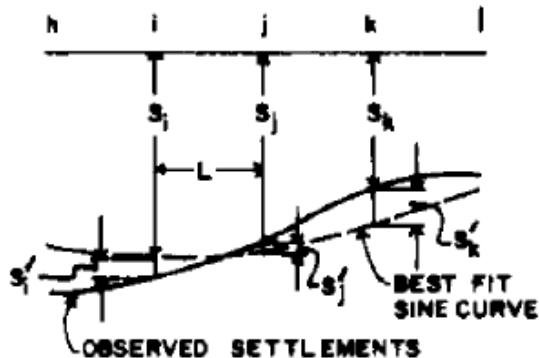
Keterangan :

β = Toleransi pemampatan (*tolerable settlement*)

S_i = Pemampatan di titik selain di titik tengah beban

S_j = Pemampatan di titik tengah beban

L = Jarak antara titik tengah dan titik selain di titik tengah beban



Gambar 2.10 Sketsa Perbedaan Pemampatan (*Differential Settlement*)

(Sumber: NAVFAC DM-7)

Nilai dari *tolerable settlement* berbeda – beda tergantung dari struktur yang ada di atasnya. Nilai dari *tolerable settlement* tersebut ditunjukkan pada **Tabel 2.4** sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai *Tolerable Settlement*

Type of structure	Tolerable Differential settlement	Qualifying condition
Circular steel petroleum or fluids storage tanks: Fixed top: Floating top:	(units of radian of slope of settlement profile) 0.008 0.002 to 0.003 (Depending of detail of floating top)	Values apply to tanks on flexible base. Rigid slabs for base will not permit such settlement will out cracking and local buckling
Tracks for overhead traveling crane	0.003	Value taken longitudinally along track. Settlement between tracks generally does not control
Rigid circular mat or ring footing for tall and slender rigid structure such as stacks, silos or water tanks.	0.002 (cross slope of rigid foundation)	
Jointed rigid concrete pressure pipe conduit	0.015	Maximum angle change at joint is generally 2 to 4 times average slope of settlement profile. Damage to joint also depends on longitudinal extension
	(radians of angle change of joint)	
One or two story steel frame, truss roof, warehouse with flexible siding.	0.006 to 0.008	Presence of overhead crane, utility lines, or operation of forklifts on warehouse floor would limit tolerable settlement.
One or two story houses with plain brick bearing walls and light structural frame.	0.002 to 0.003	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before interior finish is complete

(Sumber: NAVFAC DM-7)

2.8 Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Proses pemampatan dari tanah lempung yang tebal cenderung berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah yang terjadi pada saat t dengan pemampatan total yang terjadi disebut dengan derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi antara 0 – 100 % yang diformulasikan yaitu :

$$U = \frac{S_t}{S} \times 100\% \quad (2.24)$$

Keterangan :

U = Derajat konsolidasi

S_t = Pemampatan pada saat t

S = Pemampatan total yang terjadi

Derajat konsolidasi (U) juga dapat diperoleh dengan persamaan yaitu :

- Untuk U antara 0 – 60%

$$Uv = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.25)$$

- Untuk U > 60%

$$Uv = (100 - a)\% \quad (2.26)$$

dimana nilai a yaitu :

$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.933} \quad (2.27)$$

Keterangan :

Uv = Derajat konsolidasi vertikal pada umur rencana

Tv = Faktor waktu konsolidasi

Sebaliknya, jika diketahui derajat konsolidasi U maka faktor waktu Tv dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

- Untuk U antara 0 – 60%

$$Tv = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2 \quad (2.28)$$

- Untuk U > 60%

$$Tv = 1,781 - 0,933 \log(100 - U\%) \quad (2.29)$$

Pemampatan konsolidasi pada tanah dasar yang terjadi disebabkan karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu ke atas atau ke bawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi (Terzaghi dalam Das, 1985) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$t = \frac{T(H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.30)$$

Keterangan :

t = Waktu untuk pemampatan konsolidasi

T = Faktor waktu

H_{dr} = Panjang aliran air (*drainage*)

C_v = Koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Dalam kasus yang lain, untuk tanah yang memiliki banyak lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, harga C_v gabungan dapat ditentukan dengan formula berikut :

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{[H_1 + H_2 + \dots + H_n]^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]} \quad (2.31)$$

Keterangan :

H_i = Tebal lapisan tanah ke – i

C_v = Nilai C_v pada lapisan ke – i

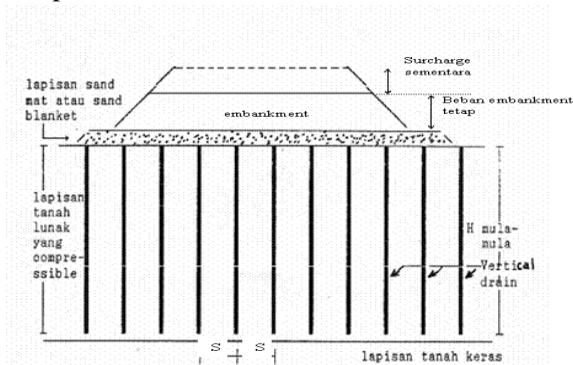
2.9 Percepatan Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Pemampatan yang direncanakan dapat membutuhkan waktu yang sangat lama, terutama lapisan tanah dasarnya merupakan lapisan kohesif yang memiliki sudut geser yang sangat kecil, sehingga dibutuhkan percepatan waktu pemampatan dalam proses

konsolidasi tanah. Salah satu metode untuk mempercepat waktu konsolidasi adalah dengan memakai *vertical drain*.

2.9.1 *Vertical Drain*

Pemasangan *vertical drain* mempunyai tujuan untuk mempercepat waktu pemampatan tanah dasar dengan cara mengeluarkan air dari dalam tanah sehingga tanah lebih cepat memadat. Hal ini dilakukan karena pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lunak berlangsung sangat lama. Dengan adanya *vertical drain*, maka air pori tanah tidak hanya mengalir keluar ke arah vertikal, tetapi juga ke arah horizontal seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.11** di bawah ini



Gambar 2.11 Pemasangan *Vertical Drain*

Vertical drain umumnya terbuat dari :

- Kolom Pasir (*sand drain*)
Vertical drain yang terbuat dari tiang – tiang pasir yang dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan pipa getar.
- *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)
PVD umumnya terbuat dari bahan geosintetik yang diproduksi terlebih dahulu di pabrik. Bahan ini dapat

mengalirkan air dengan baik, walaupun masa efektif kerja bahan ini hanya 6 bulan. PVD lebih umum dipakai di lapangan dibandingkan kolom pasir karena kolom pasir cenderung lebih mahal dan pemasangannya jauh lebih rumit.

2.9.2 Waktu Pemampatan Dengan *Vertical Drain*

Waktu pemampatan konsolidasi yang dibutuhkan dengan memakai *vertical drain* menurut Barron (1948) adalah :

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h} \right) . F(n) . \ln \left(\frac{1}{1-\bar{U}_h} \right) \quad (2.32)$$

Keterangan :

t = Waktu yang diperlukan untuk mencapai \bar{U}_h

D = Diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

D = 1.13 x S, untuk pola susunan segiempat

D = 1.05 x S, untuk pola susunan segitiga

Ch = Koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

F(n) = Faktor hambatan disebabkan karena jarak PVD

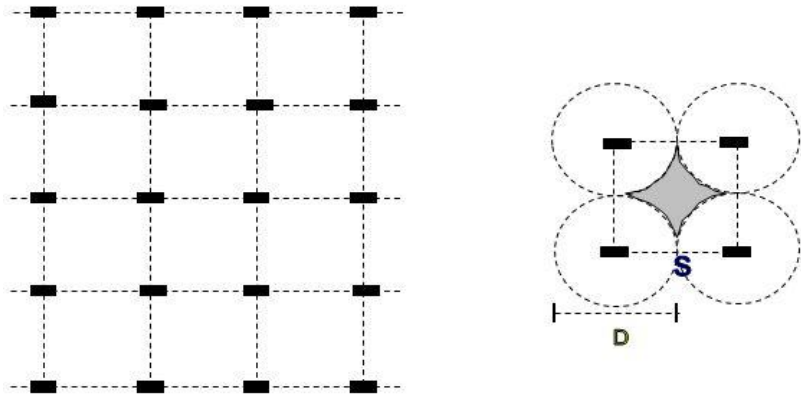
\bar{U}_h = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

dimana :

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right]}} \right] \times 100\% \quad (2.33)$$

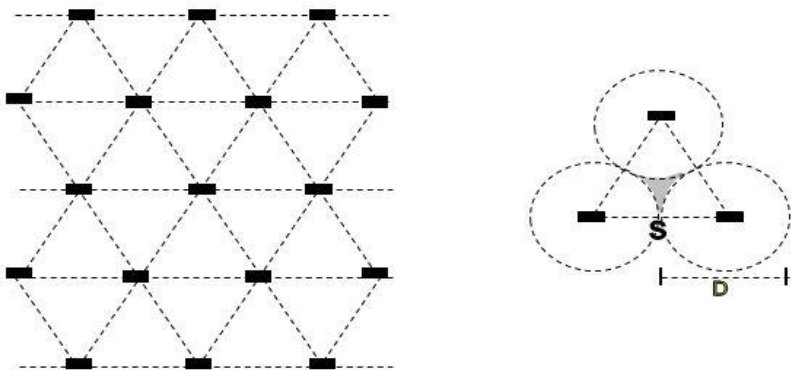
Pola pemasangan PVD yang biasa dilakukan di lapangan yaitu pola bujur sangkar dan segitiga. Pola ini akan berpengaruh pada diameter ekivalen lingkaran tanah yang terkena pengaruh dari PVD.

Pola Pemasangan segiempat :



Gambar 2.12 Pola Pemasangan Segiempat ($D = 1,13 \times s$)
(Sumber: Hansbo, 1979 dalam Mochtar, 2000)

Pola Pemasangan segitiga :



Gambar 2.13 Pola Pemasangan Segitiga ($D = 1,05 \times s$)
(Sumber: Hansbo, 1979 dalam Mochtar, 2000)

Teori ini dikembangkan oleh Hansbo (1979) dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD. Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Harga dari $F(n)$ didefinisikan sebagai berikut :

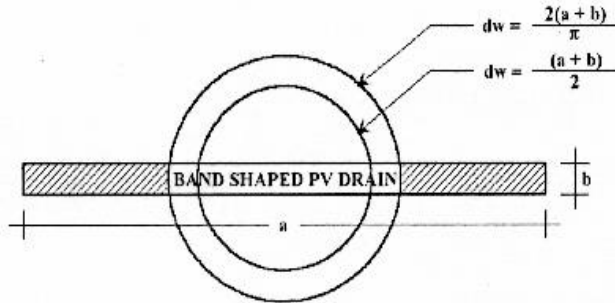
$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right] \quad (2.34)$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad (2.35)$$

Keterangan :

$$n = D/D_w$$

D_w = Diameter ekivalen dari *vertical drain*



Gambar 2.14 Diamater Ekivalen PVD

(Sumber: Hansbo, 1979 dalam Mochtar, 2000)

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n = 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \approx 1$, jadi;

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}, \text{ atau} \quad (2.36)$$

$$F(n) = \ln(D/D_w) - 3/4 \quad (2.37)$$

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{D^2}{8.ch} \right) (F(n) + F_s + Fr) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-\bar{u}_h} \right) \quad (2.38)$$

Keterangan :

$F(n)$ = Faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

F_s = Faktor hambatan tanah yang terganggu

Fr = Faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Harga Fr merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD sendiri dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Fr = \pi \cdot z \cdot (L - z) \cdot \left(\frac{kh}{qw} \right) \quad (2.39)$$

Keterangan :

z = Kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah

L = Panjang drain

kh = Koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*)

qw = *Discharge capacity* (Kapasitas discharge) dari drain (tergantung dari jenis PVD nya)

Harga F_s merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah di sekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh “*disturbance*”

(gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. F_s dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$F_s = \left(\frac{kh}{k_s} - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{ds}{dw} \right) \quad (2.40)$$

Keterangan :

k_s = Koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu (*disturbed*)

ds = Diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*

dw = Diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD

Dalam persamaan diatas, adanya faktor F_s dan F_r cenderung berpengaruh pada kecepatan konsolidasi menjadi lebih lambat. Dari penyelidikan, diketahui bahwa faktor terpenting adalah $F(n)$. Besar faktor (F_s) dapat mendekati atau lebih besar daripada $F(n)$, tergantung dari besarnya kerusakan pada tanah akibat pemancangan PVD itu sendiri. Dari data lapangan, didapatkan bahwa harga $F_s/F(n)$ dapat berkisar antara 1 sampai dengan 3. Untuk memudahkan perencanaan, maka diasumsikan bahwa $F_s = F(n)$. Sedangkan untuk F_r , umumnya nilainya kecil sehingga dapat diabaikan atau dianggap nol.

Dengan memperhatikan asumsi diatas, persamaan waktu konsolidasi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot C_h} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right) \quad (2.41)$$

Keterangan :

t = Waktu yang diperlukan untuk mencapai \bar{U}_h

D = Diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*

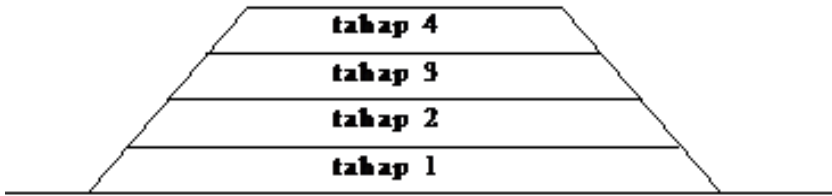
- Ch = Koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial
- F(n) = Faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
- $\bar{U}h$ = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dengan memasukkan t tertentu, dapat dicari $\bar{U}h$ pada lapisan tanah yang dipasang oleh PVD. Selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horizontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal $\bar{U}v$. Derajat konsolidasi rata-rata \bar{U} dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h) \cdot (1 - \bar{U}v)] \times 100\% \quad (2.42)$$

2.10 Timbunan Bertahap

Pelaksanaan konstruksi timbunan secara bertahap dilakukan dengan menimbun tanah dengan ketinggian tertentu secara bertahap dan dalam jangka waktu tertentu pula. Metode ini dilakukan untuk memampatkan tanah dasarnya sehingga daya dukung tanah dasar dapat meningkat. Penambahan beban setiap lapisan memperhatikan ketinggian yang masih mampu dipikul yaitu H_{kritis} agar tidak terjadi kelongsoran. Proses pembebanan timbunan secara bertahap dapat dilihat pada **Gambar 2.15** seperti di bawah ini.



Gambar 2.15 Pembebanan Timbunan Secara Bertahap
(Sumber : Mochtar, 2000)

2.10.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar dapat mengalami peningkatan jika beban timbunan yang diletakkan secara bertahap mencapai tinggi timbunan kritis (H_{kritis}). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardana dan Mochtar (1999), diketahui bahwa terdapat vertikal efektif (σ_p'). Peningkatan daya dukung tanah dasar akibat terjadinya proses pemampatan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Untuk harga *Plasticity Index*, $PI \leq 120\%$:

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 PI) \sigma_o' \quad (2.43)$$

- Untuk harga *Plasticity Index*, $PI > 120\%$:

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004 PI) \sigma_o' \quad (2.44)$$

Dimana harga σ_o' dalam kg/cm^2

Untuk tanah yang sedang mengalami proses konsolidasi, harga σ_p' berubah sesuai dengan waktu. Secara umum menurut Ardana dan Mochtar (1999) harga σ_p' dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_p' = \left(\frac{P_o' + \Delta p'}{P_o'} \right)^U \cdot P_o' \quad (2.45)$$

Apabila :

$U = 100\% = 1$, maka $\sigma_p' = p_o' + \Delta p'$

$U < 100\%$, maka $\sigma_p' < p_o' + \Delta p'$

Menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan dengan derajat konsolidasi (U) $< 100\%$ dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut ini.

Tabel 2.5 Rumus Penambahan Tegangan Efektif $U < 100\%$

Tahapan Penimbunan (meter)	Umur Timbunan (minggu)	Derajat konsolidasi PVD U (%)	Δp pada $U < 100\%$
Tanah Asli		100	
h1	4	U PVD 4 minggu	$\left\{ \left(\frac{\sigma_1'}{\sigma_1'} \right)^{U^4} \cdot P_0' \right\} - P_0'$
h2	3	U PVD 3 minggu	$\left\{ \left(\frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{U^3} \cdot \sigma_1' \right\} - \sigma_1'$
h3	2	U PVD 2 minggu	$\left\{ \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_2'} \right)^{U^2} \cdot \sigma_2' \right\} - \sigma_2'$
h4	4	U PVD 1 minggu	$\left\{ \left(\frac{\sigma_4'}{\sigma_3'} \right)^{U^1} \cdot \sigma_3' \right\} - \sigma_3'$

(Sumber: Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

2.10.2 Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Bertahap

Timbunan yang diletakkan secara bertahap mempengaruhi persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi. Dalam perhitungan pemampatan

konsolidasi disesuaikan dengan besar beban dan pemakaian nilai C_c dan C_s .

Perumusan untuk menghitung pemampatan konsolidasi yang terjadi adalah :

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 \leq p_c$:

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1}{p'_{o}} \right) \quad (2.46)$$

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 > p_c$:

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \frac{p'_c}{p'_{o} + \Delta p_1} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2}{p'_c} \right) \quad (2.47)$$

- Apabila $p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > p_c$:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{p'_{o} + \Delta p_1 + \Delta p_2} \right) \quad (2.48)$$

Keterangan :

S_c = Besar pemampatan pada lapisan tanah yang ditinjau

H = Tebal lapisan tanah

C_c = Indeks pemampatan (*compression index*)

C_s = Indeks mengembang (*swelling index*)

P'_{o} = Tegangan efektif *overburden*

Δp = Penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan

e_o = Angka pori tanah dasar

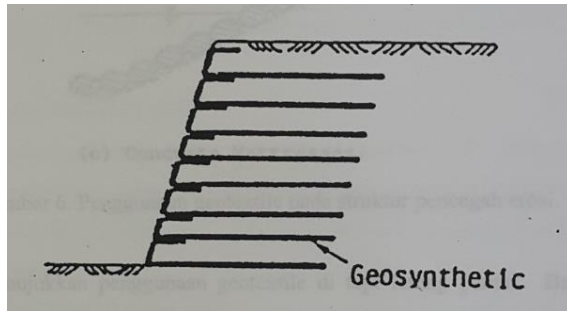
2.11 Konsep Perkuatan Geoteknik

2.11.1 *Geotextile*

Geosynthetics merupakan salah satu produk modern karena penggunaan bahannya baru mulai dirilis pada dekade tahun 1960 – an. Pada tahun 1970 – an barulah dimulai penggunaan bahan *geosynthetics* pada banyak proyek – proyek sipil. Pada perkembangannya, timbul bermacam – macam bentuk *geosynthetics* sesuai dan kegunaannya. Dari berbagai variasi tersebut, dapat digolongkan ke beberapa bentuk dasar yaitu :

1. *Geotextile*
2. *Geomembrane*
3. *Geo – linear elemen*
4. *Geogrids*
5. *Geocomposites*

Geotextile merupakan salah satu jenis dari geosintetik yang berfungsi untuk menjaga kestabilan lereng timbunan. Bahan dasar *geotextile* yang biasanya dipakai terbuat dari bahan *polypropylene*, *poethylene*, *polyester* atau *polyamide* jenis *geotextile woven* yaitu lembaran tekstil yang dibuat dengan cara mengayam dua set atau lebih elemen seperti benang fiber, filamen yang saling bertautan. Saat ini, *geotextile* banyak digunakan untuk aplikasi teknik sipil dalam lingkungan tanah tepatnya sebagai metode perkuatan konstruksi timbunan di atas tanah lunak.

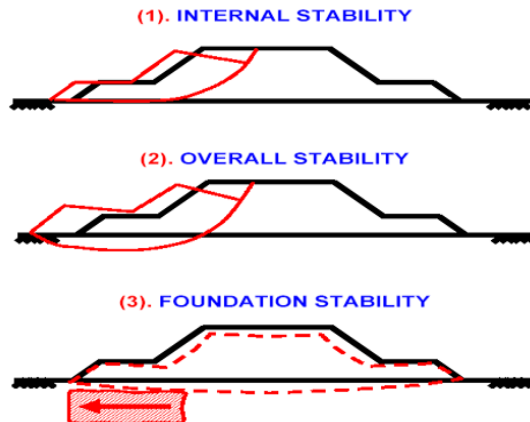


Gambar 2.16 Penggunaan *Goetextile* Pada Lereng Timbunan Tanah

(Sumber : Mochtar, 2000)

Ada 3 (tiga) kondisi stabilitas yang harus ditinjau dari timbunan diatas tanah lunak yang diperkuat oleh *geotextile*, yaitu :

- ✓ *Internal Stability*
- ✓ *Overall Stability*
- ✓ *Foundation Stability*



Gambar 2.17 Macam – macam Kondisi Stabilitas Timbunan Akibat *Geotextile*

1. *Internal Stability*

Kondisi *Internal Stability* mampu tercapai apabila tidak terjadi kelongsoran pada lereng dan bila perlu bisa digunakan beberapa lapis *geotextile*. Gaya yang perlu diperhatikan pada *internal stability* berupa gaya tanah dibelakang bidang longsor (P_{a1}) dan beban luar yang bekerja yaitu beban *surchage*, beban beban hidup, ataupun beban lalu lintas (q). Syarat kekuatan dari yaitu :

$$P_{a1} \leq \frac{T_{allowable}}{SF} \quad (2.49)$$

Variabel $T_{allowable}$ ditentukan terlebih dahulu dimana $T_{allowable}$ adalah kekuatan tarik material *geotextile* yang diizinkan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$T_{allowable} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right) \quad (2.50)$$

Keterangan :

T_{ult} = Kekuatan ultimate *geotextile*

FS_{ID} = Faktor keamanan akibat kesalahan pemasangan

FS_{CR} = Faktor keamanan akibat rangkai

FS_{CD} = Faktor keamanan akibat pengaruh utama

FS_{BD} = Faktor keamanan akibat pengaruh biologi

Penggunaan Geotekstil	Faktor Penanaman F_{So}	Faktor Rangkak F_{Scr}	Faktor Kimia F_{Scp}	Faktor Biologi F_{Sbp}
Separation	1.1 – 2.5	1.0 – 1.2	1.0 – 1.5	1.0 – 1.2
Cushioning	1.1 – 2.0	1.2 – 1.5	1.0 – 2.0	1.0 – 1.2
Unpaved roads	1.1 – 2.0	1.5 – 2.5	1.0 – 1.5	1.0 – 1.2
Walls	1.1 – 2.0	2.0 – 4.0	1.0 – 1.5	1.0 – 1.3
Embankments	1.1 – 2.0	2.0 – 3.0	1.0 – 1.5	1.0 – 1.3
Bearing capacity	1.1 – 2.0	2.0 – 4.0	1.0 – 1.5	1.0 – 1.3
Slope stablitation	1.1 – 1.5	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5	1.0 – 1.3
Pavement overlays	1.1 – 1.5	1.0 – 1.2	1.0 – 1.5	1.0 – 1.1
Railroads	1.5 – 3.0	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0	1.0 – 1.2
Flexible form	1.1 – 1.5	1.5 – 3.0	1.0 – 1.5	1.0 – 1.1
Silt fences	1.1 – 1.5	1.5 – 2.5	1.0 – 1.5	1.0 – 1.1

Gambar 2.18 Faktor Reduksi Kekuatan *Geotextile*

Besar tegangan horizontal adalah gabungan dari gaya yang muncul akibat tanah dibelakang dinding, gaya akibat beban tambahan, dan gaya akibat beban hidup. Besar gaya yang diterima yaitu :

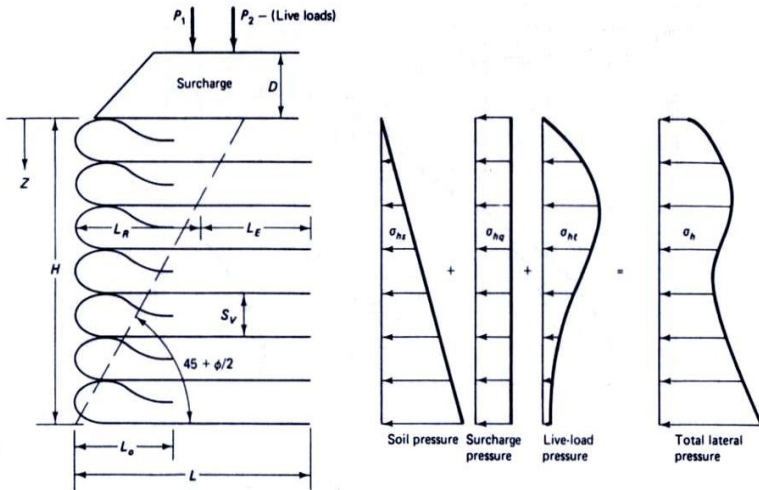
$$\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL} \quad (2.51)$$

Keterangan :

σ_{HS} = Tegangan horizontal akibat tanah di belakang dinding

σ_{Hq} = Tegangan horizontal akibat tanah timbunan/*surchage*

σ_{HL} = Tegangan horizontal akibat beban hidup



Gambar 2.19 Diagram Tegangan Tanah Akibat Beban

Dimana :

- Untuk Tegangan Tanah Aktif :

$$\sigma_{HS} = (\sigma_v \times Ka) - (2C\sqrt{Ka}) \quad (2.52)$$

- Untuk Tegangan Tanah Pasif :

$$\sigma_{HS} = (\sigma_v \times Kp) + (2C\sqrt{Kp}) \quad (2.53)$$

$$Ka = \tan^2\left[45 - \frac{\phi}{2}\right] \quad (2.54)$$

$$Kp = \tan^2\left[45 + \frac{\phi}{2}\right] \quad (2.55)$$

Keterangan :

- σ_v = Tegangan vertikal tanah
- K_a = Koefisien tekanan tanah aktif
- K_p = Koefisien tekanan tanah pasif
- C = Kohesi tanah
- ϕ = Besar sudut geser lapisan tanah

Panjang total *geotextile* yang ditanam (L) adalah sebagai berikut :

$$L = L_E + L_R + L_O + S_v \quad (2.56)$$

Keterangan :

- L_E = Panjang *geotextile* yang berada di belakang bidang longsor
- L_R = Panjang *geotextile* yang berada di depan bidang longsor
- L_O = Panjang lipatan *geotextile*

Panjang L_E :

$$L_e = \frac{T_{allowable} \times SF_{rencana}}{(\tau_{atas} + \tau_{bawah}) \times E} \quad (2.57)$$

Dimana untuk perhitungan τ_{atas} dan τ_{bawah} adalah sebagai berikut :

- Untuk τ_1 / τ_{atas} :

$$\tau_{atas} = Cu_1 + \sigma_{v1} \tan \phi_1 \quad (2.58)$$

- Untuk τ_2 / τ_{bawah} :

$$\tau_{bawah} = Cu_2 + \sigma_{v2} \tan \phi_2 \quad (2.59)$$

Keterangan :

τ_{atas} = Tegangan geser antara tanah timbunan dengan
geotextile

τ_{bawah} = Tegangan geser antara tanah dasar dengan
geotextile

Panjang L_R :

$$L_R = (H - Z) \times Ka \quad (2.60)$$

Keterangan :

H = Ketinggian timbunan tanah

Z = Kedalaman geotextile sepanjang Z m

Panjang L_O :

$$L_O = \frac{S_v \cdot \sigma_H \cdot SF}{4 \cdot [c + \sigma_v (\tan \delta)]} = \frac{1}{2} L_E \quad (2.61)$$

Jarak pemasangan geotextile (S_v) adalah sebagai berikut :

$$S_v = \frac{T_{All}}{SF \times \sigma_{HZ} \times 1} \quad (2.62)$$

Keterangan :

σ_{HZ} = Tegangan horizontal pada kedalaman Z

SF = 1,3 untuk jalan sementara
1,5 untuk jalan permanen

2. Overall Stability

Untuk *Overall Stability* memperhatikan Momen Penahan (M_R) dan Momen Pendorong (M_D) yang dihasilkan oleh pergerakan tanah. Setelah itu, dapat memperhitungkan SF yang ingin direncanakan sebagai faktor keamanan pada stabilitas timbunan.

Terlebih dahulu kita tentukan SF_{minimum} yang ada pada timbunan. Faktor keamanan yang dicari adalah angka dengan tinggi timbunan ketika mencapai tinggi kritis (H_{cr}). SF, Momen Penahan, serta jari – jari kelongsoran bisa dicari dengan alat bantu Geostudio. Kemudian perhitungan Momen Pendorong (M_D) bisa dicari melalui persamaan berikut yaitu :

$$M_D = \frac{M_R}{SF} \quad (2.63)$$

Keterangan :

M_D = Momen Pendorong

M_R = Momen *Resistance* / Momen Penahan

SF = Angka Keamanan pada Timbunan

Perencanaan *Overall Stability* mampu dicapai ketika SF_{rencana} dapat terpenuhi. Dari M_R yang ada hingga menuju angka M_R yang direncanakan, terdapat ΔM_R yang harus dipenuhi dengan bantuan perkuatan *geotextile*. Perhitungan ini melibatkan jumlah *geotextile* yang harus dipasang (beberapa lapis bila perlu) hingga mencapai ΔM_R yang diperlukan.

$$\Delta M_R = M_{R-\text{rencana}} - M_{R-\text{minimum}} \quad (2.64)$$

Keterangan :

$\Delta \Delta M_R$ = Penambahan Momen *Resistance*

$M_{R-rencana}$ = Momen *Resistance* yang direncanakan

$M_{R-minimum}$ = Momen *Resistance* yang ada

3. *Foundation Stability*

Foundation Stability dapat terpenuhi apabila :

$$P_{a2} \leq \frac{P_p + 2Cu \times L}{SF} ; \text{ dan} \quad (2.65)$$

$$S_2 \geq (Cu \times L) \times SF \quad (2.66)$$

Keterangan :

SF = Angka keamanan

1,3 untuk jalan sementara

1,5 untuk jalan permanen

Dimana :

$$P_{a2} = \underbrace{(\sigma_v - 2Cu)}_{} h + \frac{1}{2} \times h^2 \times \gamma_1 \quad (2.67)$$

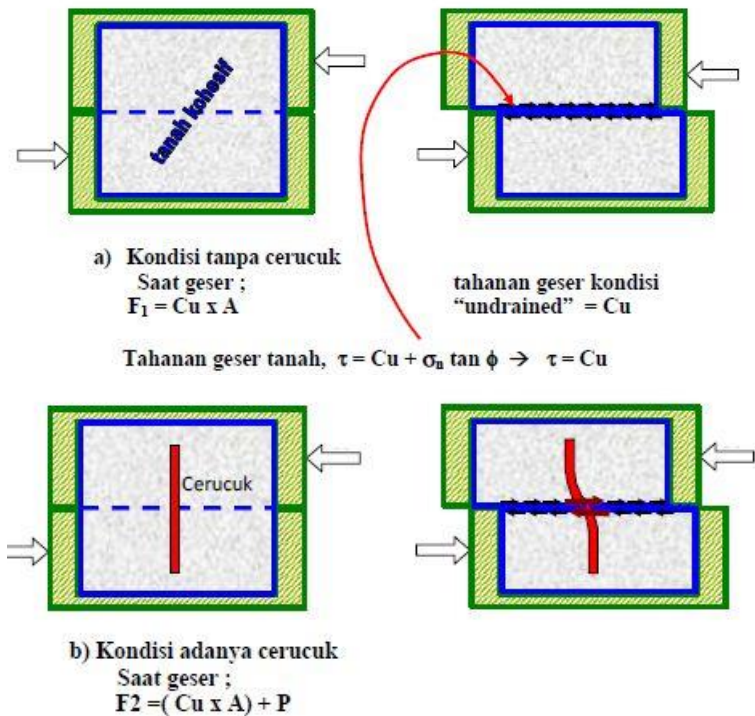
Bila < 0 , maka dianggap 0

$$P_p = \frac{1}{2} \times h^2 \times \gamma_1 + 2 \times Cu \times h \quad (2.68)$$

2.11.2 Cerucuk / *Micropile*

Penggunaan cerucuk (*micropile*) adalah salah satu bentuk perkuatan lereng timbunan yang dimaksudkan untuk menahan gaya horizontal. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang kelongsoran (Mochtar, 2000). Dengan memasang cerucuk pada tanah maka kekuatan untuk menahan gaya geser terhadap tanah juga meningkat. Apabila komponen tahanan tanah terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah dasar juga akan meningkat karena cerucuk dapat berfungsi menahan gaya geser lebih besar daripada tanah.

Konstruksi cerucuk yang dapat dipakai yaitu cerucuk bambu, kayu, beton, dan lain – lain. Dalam **Gambar 2.20** dijelaskan bahwa dengan adanya cerucuk yang terpasang di dalam tanah maka kekuatan tahanan geser tanah lebih baik daripada pada kondisi tanpa cerucuk.

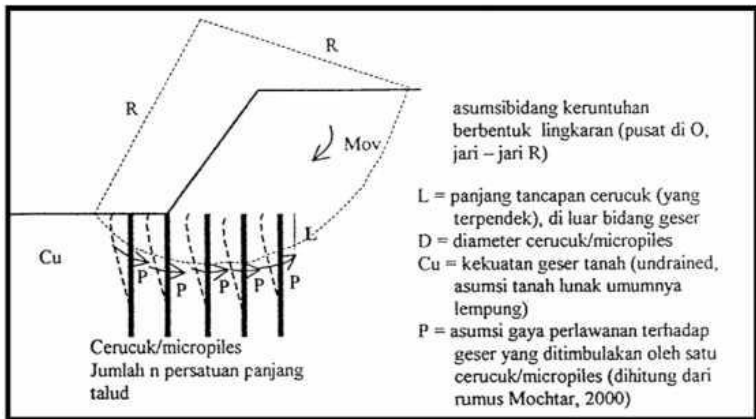


Gambar 2.20 Sketsa Peningkatan Kekuatan Geser Tanah Akibat Pemasangan Cerucuk (*Micropile*)

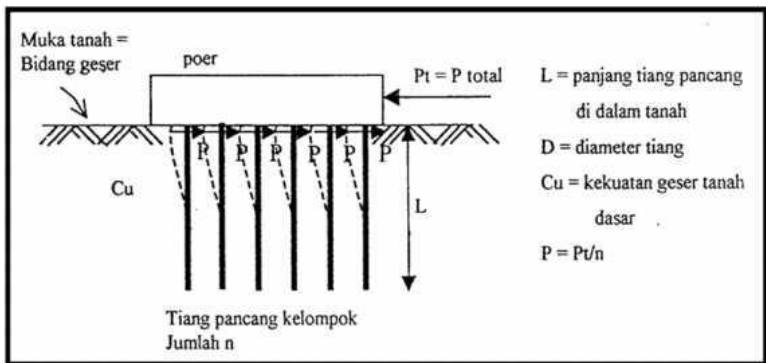
Mochtar, I.B. (2000) menggunakan asumsi – asumsi dalam teori penambahan tahanan geser terhadap tanah akibat adanya cerucuk (*Micropile*) seperti yang diperlihatkan dalam **Gambar 2.21** dan **Gambar 2.22** yaitu sebagai berikut :

1. Kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan *rigid cap* di muka tanah yang menerima gaya horizontal.

2. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang gelincir



Gambar 2.21 Asumsi Posisi Cerucuk (*Micropile*) Sebagai Konstruksi Penahan Terhadap Keruntuhan Geser Di Lapangan



Gambar 2.22 Asumsi Tiang Pancang Kelompok Penahan Gaya Lateral Yang Digunakan Sebagai Dasar Untuk Mencari Tahanan Geser Cerucuk

(Sumber: Mochtar, 2000, NAVFAC DM-7, 1971)

Untuk menghitung kebutuhan cerucuk/meter, terlebih dahulu ditentukan kekuatan 1 (satu) tiang/cerucuk yang akan dipakai untuk menahan gaya horizontal. Kemudian, berdasarkan perbandingan antara besarnya momen penggerak dengan momen penahan yang dibutuhkan, dapat ditentukan jumlah cerucuk yang diperlukan.

Gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh 1 (satu) tiang ditunjukkan dalam persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{M_p}{F_m \times T} \quad (2.69)$$

Keterangan :

M_p = Momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P, kg-cm

F_m = Koefisien momen akibat gaya lateral P

P = Gaya horisontal yang diterima cerucuk, kg

T = Faktor kekakuan relatif, cm

Variabel faktor kekakuan relatif (T) dari cerucuk ditentukan terlebih dahulu seperti yang telah dijelaskan dalam NAVFAC DM-7, 1971. Variabel ini dicari dengan memakai rumus seperti berikut :

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.70)$$

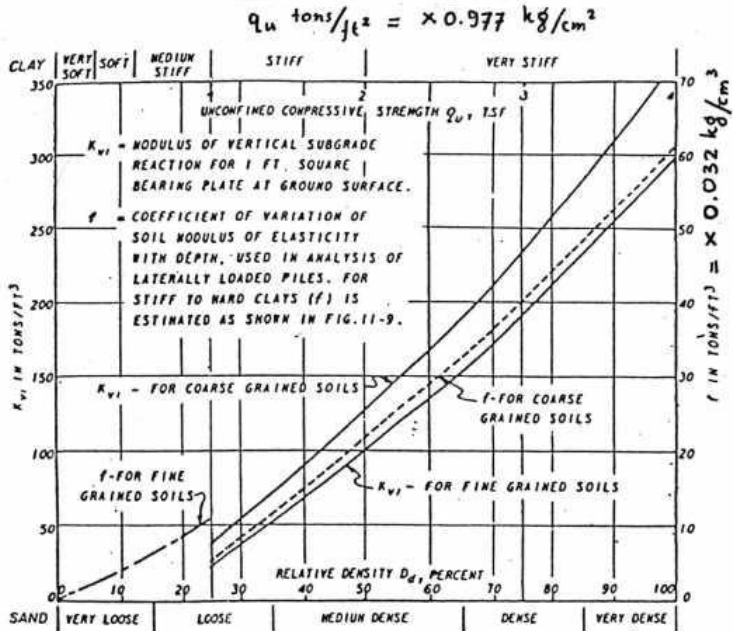
Keterangan :

E = Modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm²

I = Momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = Koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

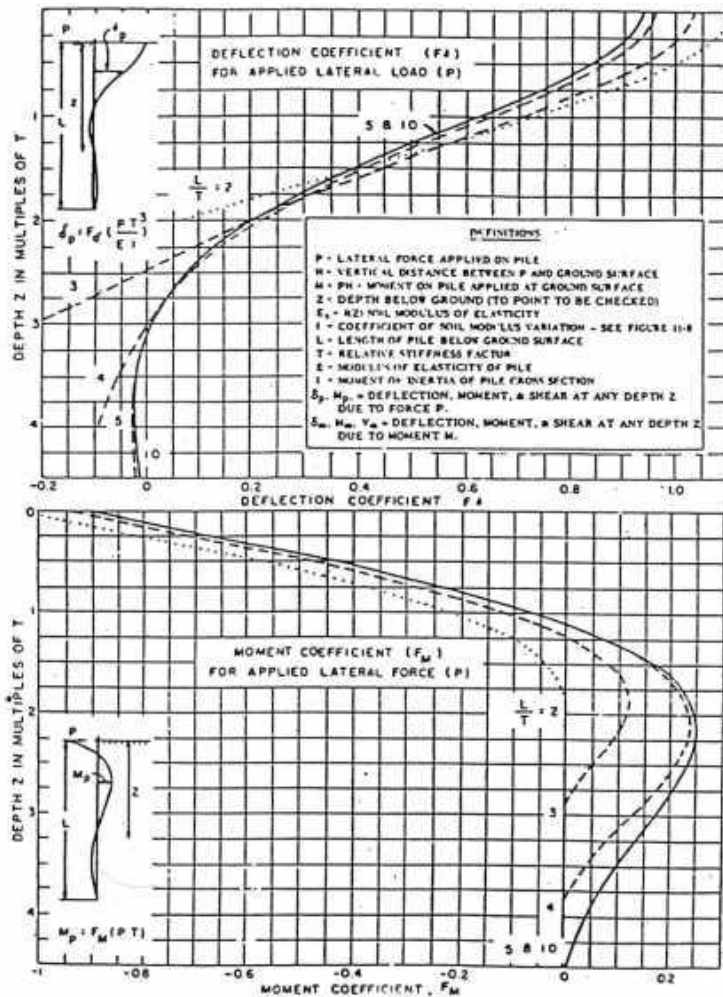
Harga f dari Persamaan (2.70) bisa ditentukan menggunakan kurva yang dijelaskan pada **Gambar 2.23** (*Design Manual, NAVFAC DM-1971*) yang merupakan grafik hubungan antara f dengan *unconfined compression strength*, $q_u = 2 \times C_u$.



Gambar 2.23 Kurva Untuk Mencari Harga f Dari Berbagai Jenis Tanah

(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

Harga koefisien momen akibat gaya lateral P (F_m) ditentukan dengan menggunakan kurva pada **Gambar 2.24** (*Design Manual, NAVFAC DM-1971*) dengan terlebih dahulu merencanakan panjang cerucuk yang tertahan di bawah bidang gelincir (L). Kemudian, dari harga L/T dapat digunakan untuk menentukan harga F_m pada kedalaman Z .



Gambar 2.24 Grafik Untuk Menentukan Besarnya F_m
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

Momen lentur yang bekerja pada cerucuk (M_p) ditentukan dengan terlebih dahulu mengetahui kekuatan bahan cerucuk (σ_{\max} bahan) dan dimensi cerucuk. Persamaan momen lentur yang bekerja pada cerucuk ditunjukkan dalam Persamaan (2.71) sebagai berikut :

$$M_p - \max 1 \text{ cerucuk} = \frac{\sigma_{\max} - \text{bahan} \times I_n}{D/2} \quad (2.71)$$

Keterangan :

σ_{\max} = Tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk.

I_n = Momen inersia penampang cerucuk terhadap garis netral penampang.

D = Diameter cerucuk (untuk cerucuk dengan penampang lingkaran)

Harga M_p yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung gaya maksimum (P_{\max}) yang dapat ditahan oleh satu cerucuk sehingga :

$$P_{\max-1 \text{ cerucuk}} = \frac{M_{p \max 1 \text{ cerucuk}}}{F_m \times T} \quad (2.72)$$

Dari hasil perhitungan gaya maksimum (P_{\max}) tersebut, selanjutnya dapat dihitung banyaknya cerucuk yang diperlukan untuk memikul tambahan momen dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \left[\frac{P_t}{P_{\max-1 \text{ cerucuk}}} \right] \quad (2.73)$$

Keterangan :

P_{\max} = Gaya maksimum dari cerucuk.

n = Jumlah cerucuk yang diperlukan per – satuan panjang

P_t = Gaya horizontal tambahan pada bidang gelincir

Variabel gaya horizontal tambahan pada bidang gelincir (P_t) yang diperlukan harus ditentukan terlebih dahulu untuk menambah kekuatan geser tanah. Gaya ini yang kemudian direncanakan untuk dipikul oleh cerucuk. Oleh karena itu, Momen Dorong (M_D) yang terjadi akibat beban timbunan dan beban lainnya perlu diperhitungkan dengan formula yaitu :

$$M_D = \left[\frac{M_R}{SF - \min} \right] \quad (2.74)$$

Keterangan :

M_D = Momen Dorong

SF = *Safety Factor* / Angka Keamanan

M_R = Momen *resistance* / momen penahan

Angka keamanan minimum (SF-minimum), momen penahan (M_R), titik pusat bidang longsor, dan jari – jari kelongsoran dapat diperoleh dengan program bantu *GeoStudio*. Setelah itu, bisa diperhitungkan Momen Penahan Tambahan (ΔM_R) yang diperlukan untuk meningkatkan angka keamanan SF dengan persamaannya sebagai berikut :

$$(\Delta M_R) = (SF_{ren} - SF_{min}) \times M_D \quad (2.75)$$

Lalu dengan diperolehnya harga (ΔM_R), besarnya tambahan gaya yang harus dipikul oleh cerucuk adalah sebagai berikut :

$$Pt = [(\Delta M_R)/R] \quad (2.76)$$

Keterangan :

R = Jari – jari kelongsoran

Setelah mendapatkan harga Pt, bisa ditentukan jumlah cerucuk yang harus dipasang tiap satuan panjang yaitu :

$$n = \left[\frac{Pt}{P_{max-1cerucuk}} \right]$$

Atau :

$$n = \left[\frac{(\Delta M_R)}{R \times P_{max-1cerucuk}} \right] \quad (2.77)$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai jarak antar *micropile*, Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{x}{n+2} \quad (2.78)$$

Keterangan :

S = Jarak antar *micropile*

x = panjang bidang longsor yang terjadi

n = jumlah *micropile* yang dibutuhkan per meter.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, maka persamaan koreksi dalam NAVAC DM-7 perlu dikoreksi dalam rangka peningkatan tahanan geser tanah stabilitas lereng akibat adanya cerucuk yang lebih mendekati kondisi di lapangan (Rusdiansyah, 2016). Persamaan tersebut dikoreksi dengan mengalikan faktor koreksi dan masing – masing parameter rasio tancap (X_t), spasi (X_s), diameter (X_D), dan jumlah cerucuk (X_n).

Tabel 2.6 menunjukkan model persamaan regresi masing – masing perlakuan cerucuk.

Tabel 2.6 Model Persamaan Cerucuk Untuk Masing – Masing Variasi Perlakuan

Variasi Perlakuan Cerucuk	Model Persamaan
Rasio Tancap (X_t)	$Y_t = 0,1 (X_t) - 0,35$
	($Y_t = 1$ bila $X_t = 15$)
	(untuk $0 < L/D < 5$, $Y_t = 0,02 X_t$)
	($Y_{tmax} = 1,45$)
Spasi (X_s)	$Y_s = -0,057 (X_s)^2 + 0,614 (X_s) - 0,658$
	($Y_s = 1$ bila $X_s = 5$)
Jumlah (X_n)	$Y_n = 0,047X_n + 1,051$
	($Y_n = 1$ bila $X_n = 1$)
Diameter (X_d)	$Y_d = 46,616 (X_d) - 3,582$
	($Y_d = 1$ bila $X_d = 0,126$), ($Y_{dmin} = 1,0$; $Y_{dmax} = 1,7$)

(Sumber: Rusdiansyah, 2016)

Model Persamaan peningkatan tahanan geser tanah akibat adanya cerucuk (koreksi persamaan NAVAC DM-7) menjadi :

$$P_{max-1cerucuk} = \frac{M_{pmax\ 1\ cerucuk}}{F_m \times T} \times Fkg \quad (2.79)$$

$$Fkg = 2,3 \times Y_t \times Y_D \times Y_s \times Y_n \quad (2.80)$$

Dengan syarat :

- Spasi cerucuk yang digunakan : 3D sampai 8D
- Rasio tancap yang digunakan $L/D = 5$ s.d. $L/D = 20$
Untuk nilai $L/D < 5$, maka digunakan persamaan **$Y_t = 0,02(X_t)$** , sedangkan untuk nilai $L/D > 5$, maka digunakan persamaan **$Y_t = 1,45$** .
- Rasio D/T yang digunakan : 0,0099 s.d. 0,113

Keterangan :

Fkg = Faktor koreksi gabungan

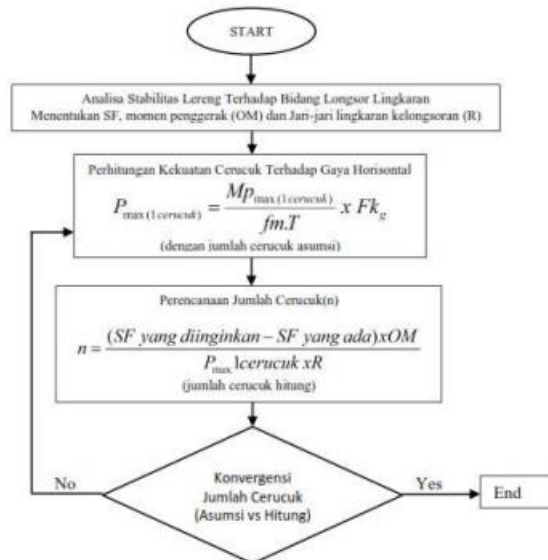
Yt = Persamaan pengaruh rasio tancap cerucuk, L/D

Yd = Persamaan pengaruh diameter cerucuk, D/T

Ys = Persamaan pengaruh spasi antar cerucuk, S/D

Yn = Persamaan pengaruh jumlah cerucuk, n

Cara lain menghitung cerucuk selain Persamaan (2.77) yaitu untuk menghitung banyaknya cerucuk per satuan panjang, pertama kali ditentukan gaya horizontal tambahan per bidang gelincir yang diperlukan untuk menambah kekuatan geser tanah, setelah itu dilakukan konvergensi (kecocokan) antara jumlah cerucuk asumsi dan jumlah cerucuk hitung. Prosedur menentukan jumlah cerucuk yang digunakan diperlihatkan pada **Gambar 2.25** di bawah ini.



Gambar 2.25 Prosedur Desain Jumlah Cerucuk
(Sumber: Rusdiansyah, 2016)

2.12 Perencanaan Pembebanan

Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono merupakan proyek pembangunan infrastruktur jalan raya dimana mempunyai beban – beban yang harus diperhitungkan antara lain beban akibat berat timbunan itu sendiri, beban perkerasan jalan (*pavement*), serta beban lalu lintas.

2.12.1 Beban Perkerasan Jalan (*pavement*)

Perkerasan jalan atau *pavement* merupakan sebuah lapisan yang berada di atas tanah timbunan yang berfungsi sebagai pelapis sekaligus pelindung dari beban – beban yang bekerja di atasnya, terutama beban lalu lintas. Lapisan perkerasan jalan umumnya terbuat dari bahan aspal (*asphalt pavement*) ataupun beton (*rigid pavement*).

Dalam SNI 1725 – 2016 khususnya pada tabel 2 pasal 7.1, dijelaskan ketentuan berat volume untuk berbagai bahan, termasuk beban perkerasan jalan. Uraian bahan beserta berat volume tersebut dijelaskan lebih terperinci pada **Tabel 2.7** di bawah ini.

Tabel 2.7 Berat Volume Untuk Perencanaan Beban Mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kenkil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

(Sumber: Tabel 2 Pasal 7.1 SNI 1725 – 2016)

Untuk ketentuan tebal lapisan perkerasan jalan berasal dari Direktorat Jendral Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) seperti yang dijelaskan pada **Tabel 2.8**

Tabel 2.8 Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga

Tabel 8 Tebal minimum lapis permukaan berbeton aspal dan lapis pondasi agregat (inci)

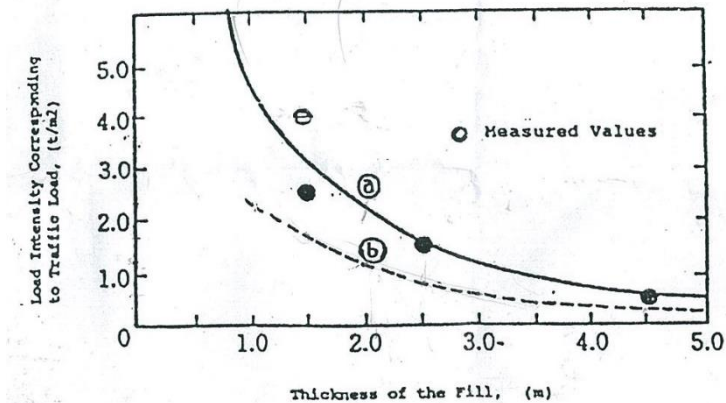
Lalu-lintas (ESAL)	Beton aspal		LAPEN		LASBUTAG		Lapis pondasi agregat	
	inci	cm	inci	cm	inci	cm	inci	cm
< 50.000 *)	1,0 *)	2,5	2	5	2	5	4	10
50.001 – 150.000	2,0	5,0	-	-	-	-	4	10
150.001 – 500.000	2,5	6,25	-	-	-	-	4	10
500.001 – 2.000.000	3,0	7,5	-	-	-	-	6	15
2.000.001 – 7.000.000	3,5	8,75	-	-	-	-	6	15
> 7.000.000	4,0	10,0	-	-	-	-	6	15

*) atau perawatan permukaan

2.12.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban yang harus diperhitungkan pada saat perencanaan timbunan jalan raya, karena pada dasarnya timbunan jalan harus mampu untuk menahan beban – beban yang melewati jalan.

Menurut *Japan Road Association* (1986), JRA, beban lalu lintas diperhitungkan sebagai beban merata yang tergantung dari tinggi timbunan. Penentuan besar beban lalu lintas didasarkan pada kurva hubungan antara tinggi timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban lalu lintas. Kurva ini menjelaskan bahwa makin tinggi timbunan jalannya maka intensitas beban akan semakin kecil karena makin jauh dari tanah dasar sehingga memiliki pengaruh / distribusi tegangan beban yang kecil. Kurva ini ditampilkan pada **Gambar 2.26**.



Gambar 2.26 Kurva Hubungan Tinggi Timbunan Dengan Intensitas Beban Yang Bersesuaian Dengan Beban Lalu Lintas
(Sumber: *Japan Road Association*, 1986)

Hasil studi oleh JRA (1986) tersebut berlaku untuk suatu timbunan tanah di atas tanah asli yang belum diperbaiki, untuk tanah asli yang sudah mampat akibat adanya *vertical drain*, tentunya pengaruh beban lalu lintas tidaklah sebesar aslinya. Bila intensitas tersebut hanya setengah dari harga JRA, kurva hubungan memakai kurva b dari **Gambar 2.26** tersebut.

2.13 Timbunan Material Ringan Mortar Busa

2.13.1 Karakteristik Material Mortar Busa

Bahan timbunan dengan material ringan yang dimaksud adalah “*foamed mortar embankment*” atau disebut juga “*high grade soil*” karena mempunyai beberapa kegunaan secara optimal, yaitu sebagai berikut (Febrijanto, 2008) :

- Beratnya ringan dan memiliki kekuatannya cukup tinggi untuk tanah dasar (*subgrade*) dan pondasi perkerasan jalan. Berat volume dan kuat tekan tanah campurannya juga dapat direncanakan sesuai keinginan sehingga dapat mengurangi tekanan lateral tanah atau mengurangi berat timbunan.
- Memiliki perilaku tahan terhadap perubahan karakteristik propertis akibat proses kimia maupun fisika dan memiliki daya dukung kekuatan yang cukup memadai sebagai pondasi perkerasan jalan.

Berbagai pemanfaatan material ringan mortar busa digunakan untuk mengatasi berbagai masalah geoteknik, antara lain :

- Pada timbunan di belakang konstruksi abutmen jembatan
- Pada konstruksi stabilitas lereng dimana diperlukan lereng tegak.
- Pada timbunan di atas tanah sehingga diperoleh timbunan yang beratnya relatif ringan dan tidak menimbulkan dampak tekanan tanah akibat beban timbunan itu sendiri.

Berdasarkan kajian literatur JICA *Expert* perlihal pemanfaatan busa (*foam*) untuk membentuk bahan timbunan jalan dengan mortar busa diperoleh kriteria – kriteria sebagai berikut (Handayani, 2007) :

- Mempunyai berat yang ringan sehingga sehingga nilai berat volume (*density*) antara $6 \text{ kN/m}^3 - 12 \text{ kN/cm}^3$
- Memiliki nilai *flow* atau daya alir (*flowability*) sebesar $180 \pm 20 \text{ mm}$
- Memiliki kuat tekan minimum adalah $600 \text{ kPa} - 2000 \text{ kPa}$

- Material campuran mampu mengeras/memadat dengan sendirinya sesuai dengan waktu *curing* yg ditetapkan karena berperilaku seperti mortar beton.

2.13.2 Kriteria dan Persyaratan Bahan Campuran

Teknologi timbunan mortar busa yang dibahas memakai metode campuran material dengan rasio tertentu. Pembuatan rancangan campuran diperoleh dari perhitungan *mix design* dan percobaan laboratorium. Di dalam pelaksanaan perancangan campuran material ringan mortar busa, bahan – bahan yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

2.13.2.1 Semen

Semen yang digunakan dalam pembuatan mortar busa adalah semen portland, semen komposit, atau semen pozzolan sesuai SNI 15-2049-2004, SNI 15-7064-2004, SNI 15-0302-2004

2.13.2.2 Pasir

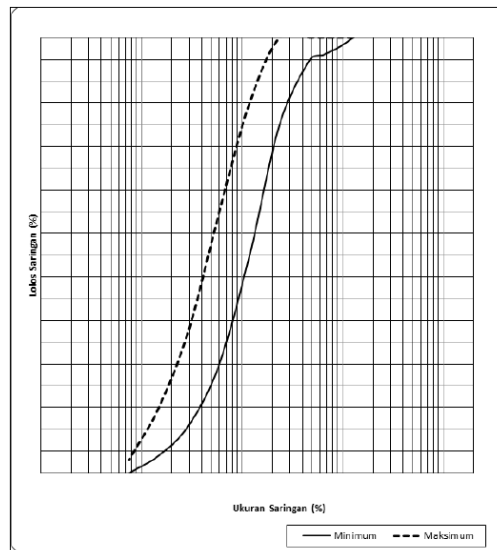
Pasir yang dimaksud adalah pasir alam seperti pasir sungai dan pasir galian yang berkualitas baik dan memenuhi persyaratan berikut :

1. Memenuhi gradasi pasir sesuai **Tabel 2.9** dan **Gambar 2.27**
2. Harus mempunyai butiran – butiran keras dan awet (*durable*)
3. Tidak boleh mengandung lumpur, tanah liat, dan material – material mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 3% (SNI 03-6819-2002)
4. Harus bebas dari arang, kayu, atau kotoran organik lainnya.

Tabel 2.9 Gradasi Pasir Untuk Material Ringan Mortar Busa

No.	Ukuran Saringan (ASTM)		% Berat Lolos Saringan	
	Inc / No	mm	Minimum	Maksimum
4	No. 4	4,76	95	100
5	No. 8	2,36	80	100
6	No. 16	1,19	50	85
7	No. 30	0,595	25	60
8	No. 50	0,297	11	33
9	No. 100	0,149	4	15
10	No. 200	0,075	0	3

(Sumber: Munarto Sunaryo, 2014)

**Gambar 2.27** Grafik Gradasi Agregat Pasir Untuk Mortar Busa
(Sumber : Munarto Sunaryo, 2014)

Pasir yang diizinkan untuk digunakan yaitu pasir dengan ukuran maksimum 4,75 mm lolos saringan 4. Material pasir yang digunakan dapat merupakan material setempat atau sekitar area atau diperoleh dari lokasi lain.

2.13.2.3 Busa (*Foam Agent*)

Senyawa kimia dominan yang teridentifikasi dalam cairan pembentuk *foam*, yaitu 1- *Dodecanol*, *Methoxyacetic acid tridecyl ester* dan 1-*Tetradecanol*. Busa yang digunakan harus mengandung protein nabati atau sejenisnya yang dapat menghasilkan gelembung terpisah yang stabil sehingga dapat menghasilkan campuran material ringan yang memenuhi spesifikasi teknis. Dalam pengujian laboratorium, berat isi standar untuk busa adalah $0,055 \pm 0,085 \text{ t/m}^3$.

2.13.2.4 Air

Air yang digunakan untuk mencampur adonan material ringan mortar busa harus sesuai spesifikasi SNI 7974 : 2013. Air yang digunakan dalam pekerjaan haruslah air bersih, air tawar dengan kadar pH air $> 5,5$, bebas dari minyak dan bahan organik lainnya. Air adukan pada timbunan jalan yang memakai material mortar busa tidak boleh mengandung butir – butir zat padat lebih dari 0,20% dan larutan garam lebih dari 1,5%

Bahan adukan yang digunakan untuk campuran mortar busa adalah campuran dari pasir, semen, air, dan busa yang memiliki sifat memadat sendiri. Densitas dan kuat tekan minimum material ringan mortar busa harus merujuk pada spesifikasi teknis (Kemen. PU, 2011) sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel 2.10** untuk *base* dan **Tabel 2.11** untuk *subbase*.

Tabel 2.10 Kuat Tekan Minimum Mortar Busa Lapis Pondasi Atas (*Base*)

Umur Pemeraman (hari)	Kekuatan Tekan Minimum (UCS) (kPa)	Maks. Berat Isi (Densitas) (t/m ³)
3	1750	0.8
7	1900	
14	2000	

(Sumber: Maulana Iqbal, 2012)

Tabel 2.11 Kuat Tekan Minimum Mortar Busa Lapis Pondasi Bawah (*Subbase*)

Umur Pemeraman (hari)	Kekuatan Tekan Minimum (UCS) (kPa)	Maks. Berat Isi (Densitas) (t/m ³)
3	600	0.6
7	750	
14	800	

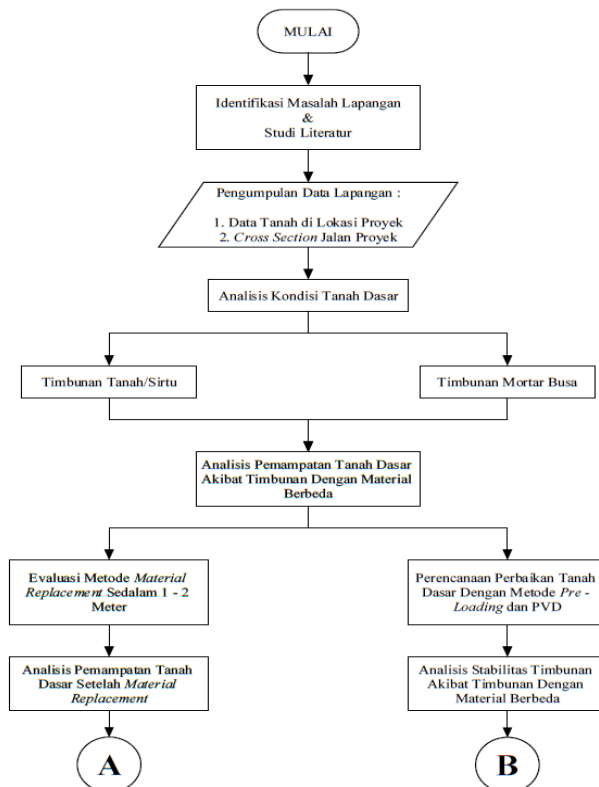
(Sumber: Maulana Iqbal, 2012)

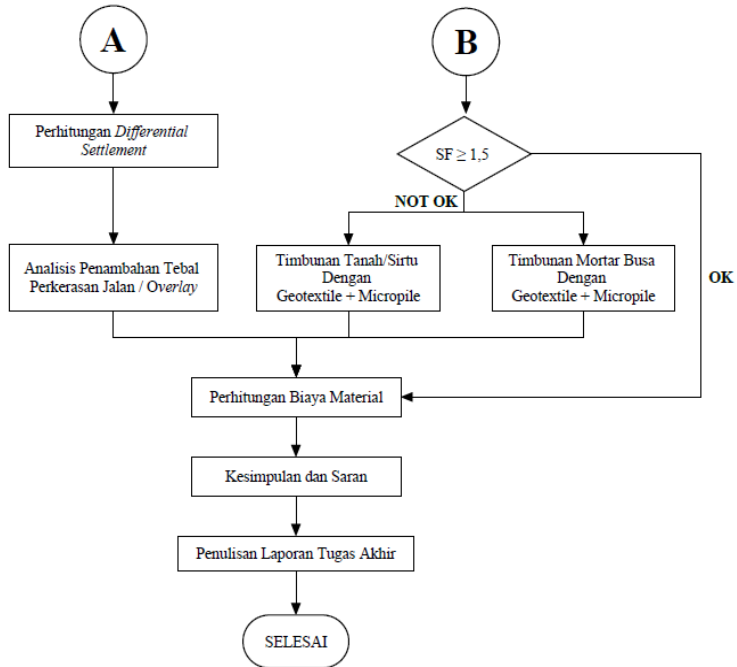
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Gambar 3.1 merupakan diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir studi perbandingan perencanaan timbunan jalan dengan material tanah sirtu dan mortar busa (*foamed mortar*) pada Jalan Tol Solo – Kertosono *section* Saradan – Nganjuk STA 150+225 – STA 154+400.





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Uraian Diagram Alir

Diagram alir pada gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- **Identifikasi Masalah Lapangan dan Studi Literatur**

Dilakukan identifikasi terhadap masalah – masalah yang terjadi di lapangan baik dari segi perencanaan maupun pelaksanaan. Dari masalah tersebut, kemudian akan dicari alternatif solusi melalui studi literatur.

Studi literatur yang dimaksudkan adalah proses mengumpulkan materi dan teori yang akan digunakan

sebagai bahan acuan untuk perhitungan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan studi yang akan digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis**. Surabaya. Erlangga.
2. Das, Braja M. 1990. **Principle of Foundating Engineering Second Edition**. Boston : PWS – KENT. Publishing Company.
3. Endah, Noor. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
4. Iqbal, Maulana. 2012. **Kajian Penanganan Tanah Lunak Dengan Timbunan Jalan Mortar Busa**. Bandung. Penerbit Informatika
5. Sunaryo, Munarto E. 2014. **Modul Tanah Problematik dan Permasalahannya Serta Implementasi Penanganannya Di Bidang Jalan Dan Jembatan**. Bandung. Pusjatan, Litbang Kemen. PU
6. Dan literatur – literatur lain yang membahas tentang :
 - Teori dan klasifikasi tanah
 - Teori dan perhitungan daya dukung tanah dasar
 - Teori dan perhitungan pemampatan tanah dasar
 - Perhitungan mengenai *Pre-loading* dan *Pre-fabricated Vertical Drain* (PVD) sebagai metode perbaikan tanah dasar.
 - Perhitungan perencanaan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan jalan
 - Perhitungan perencanaan *micropile* sebagai perkuatan timbunan jalan

- Teori dan perhitungan perencanaan timbunan ringan material mortar busa

- **Pengumpulan Data Lapangan**

Data – data yang digunakan meliputi :

1. Data tanah di lokasi Jalan Tol Solo – Kertosono *section* Saradan – Nganjuk STA 150+225 – STA 154+400.
2. *Layout cross section* Jalan Tol Solo – Kertosono *section* Saradan – Nganjuk STA 150+225 – STA 154+400.

- **Analisis Pemampatan Tanah Dasar dan Stabilitas Timbunan Akibat Timbunan Dengan Material Berbeda**

Menganalisis dan membandingkan pemampatan tanah dasar dan stabilitas timbunan yang terjadi akibat timbunan dengan material yang berbeda, yaitu material tanah sirtu dan mortar busa. Analisis dilakukan dengan mengacu pada data tanah dan *layout cross section* Jalan Tol Solo – Kertosono.

- **Evaluasi Metode *Material Replacement***

Metode *material replacement* merupakan metode yang dilaksanakan di lapangan sebagai metode perbaikan tanah dasar. Akan dilakukan evaluasi perhitungan terhadap metode ini untuk menganalisis dampaknya terhadap pemampatan tanah dasar.

- **Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar Dengan *Pre – Loading* dan PVD**

Perencanaan perbaikan tanah dasar menggunakan metode pra – pembebanan dan PVD meliputi jarak antar PVD, konfigurasi letak PVD dan kedalaman PVD untuk mengatasi masalah pemampatan tanah dasar yang besar dan daya dukung tanah dasar yang rendah. Walaupun masa efektif kerja bahan ini hanya sekitar 6 bulan, namun PVD dipilih sebagai metode perbaikan tanah dasar karena PVD lebih murah dan pemasangannya lebih sederhana sehingga lebih umum dipakai di lapangan hingga saat ini.

- **Perhitungan *Differential Settlement***

Menghitung adanya kemungkinan terjadinya *differential settlement* tanah dasar akibat dari timbunan dengan material yang berbeda. Angka *differential settlement* tidak boleh melebihi 2,5 cm / tahun.

- **Analisis Penambahan Tebal Perkerasan Jalan / *Overlay***

Melakukan analisis berupa penentuan lama waktu *overlay* dan ketebalan perkerasan jalan yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu. *Overlay* dihitung pada saat akan melakukan perbandingan antara timbunan tanah sirtu dan mortar busa tanpa menggunakan metode perbaikan tanah dasar yaitu PVD

- **Perencanaan Perkuatan Dengan *Geotextile* dan *Micropile***

Perencanaan stabilitas timbunan memakai perkuatan dengan alternatif yaitu :

- a. Perkuatan lereng timbunan dengan metode *geotextile*
 - Menentukan tipe *geotextile*
 - Menentukan jarak vertikal antar *geotextile*
 - Menentukan panjang total *geotextile* yang dibutuhkan
 - Menentukan jumlah lembar *geotextile* yang dibutuhkan
- b. Perkuatan tanah dasar dengan metode *micropile*
 - Menentukan jumlah *micropile* yang dibutuhkan
 - Menentukan pola dan jarak pemasangan *micropile*
 - Menentukan panjang *micropile* yang dibutuhkan

Alasan mengapa memilih *geotextile* dan *micropile* sebagai metode perkuatan timbunan yaitu karena memiliki sifat ketahanan (*durability*) material sintetik terhadap senyawa kimia dalam tanah, biayanya lebih murah, pemasangannya lebih sederhana serta mampu mengurangi pergeseran horizontal dan vertikal tanah di bawahnya sehingga dapat mengurangi perbedaan pemampatan (*differential settlement*) yang terjadi.

- **Perhitungan Biaya Material**

Menghitung biaya material yang dibutuhkan dari beberapa metode perencanaan timbunan jalan untuk

menentukan metode mana yang membutuhkan biaya yang paling murah

- **Kesimpulan dan Saran**

Hasil dari beberapa metode perencanaan akan dibandingkan untuk menentukan metode alternatif yang paling efektif dan efisien dengan meninjau aspek stabilitas timbunan, *settlement*, *overlay*, dan biaya material yang dibutuhkan.

3.3 Prediksi Hasil/Output

Hasil atau *output* yang diharapkan dari pengerjaan Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Perbandingan pemampatan tanah dasar berupa grafik “*settlement vs time*” sebagai hasil dari evaluasi metode *material replacement* antara timbunan material tanah sirtu dan timbunan material mortar busa.
2. Perbandingan perhitungan *overlay* antara timbunan material tanah sirtu dan timbunan material mortar busa.
3. Perencanaan kebutuhan jumlah, jarak, dan kedalaman PVD sebagai metode perbaikan tanah dasar pada proyek Jalan Tol Solo – Kertosono.
4. Angka keamanan dan *sliding curve* stabilitas lereng timbunan sebelum diberi perkuatan
5. Perencanaan kebutuhan jumlah dan dimensi *geotextile* dan *micropile* sebagai metode alternatif perkuatan lereng sisi timbunan.
6. Angka keamanan dan *sliding curve* stabilitas lereng timbunan setelah diberi perkuatan

7. Perhitungan biaya material yang paling murah dari beberapa metode kombinasi perencanaan yang ada.
8. Tabel perbandingan dengan tinjauan aspek stabilitas, *settlement*, *overlay*, serta biaya material untuk menentukan metode mana yang paling tepat diaplikasikan pada proyek Jalan Tol Solo – Kertosono.

BAB IV

DATA PERENCANAAN DAN ANALISIS TANAH

4.1 Data Tanah

4.1.1 Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data *borlog* dan data rekap hasil tes laboratorium pada lokasi “*Main Road*” Jalan Tol Solo – Kertosono. Data *borlog* yang tersedia merupakan hasil pekerjaan penyelidikan tanah yang meliputi pengeboran di 5 (lima) titik lokasi yaitu sebagai berikut :

- 1) Data BR-1 diambil pada STA 151+450
- 2) Data BR-2 diambil pada STA 151+950
- 3) Data BR-3 diambil pada STA 154+300
- 4) Data BR-6 diambil pada STA 150+775
- 5) Data BR-7 diambil pada STA 153+125

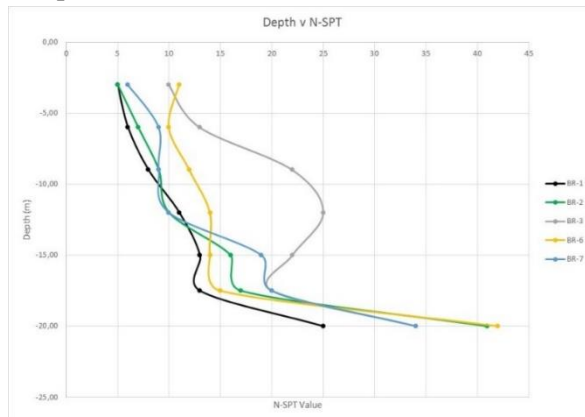
Berdasarkan data *borlog* tersebut, diketahui sebagian besar jenis tanah merupakan tanah lempung (*clay*) dengan konsistensi tanah yang berbeda $\pm 1,5$ m di bawah permukaan tanah. Sampel tanah merupakan tanah asli (*undisturbed soil sample*) yang kemudian dilakukan uji laboratorium di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk mencari parameter tanah dasar. Parameter tanah dasar tersebut antara lain : *specific gravity* (Gs), *void ratio* (e), *water content* (Wc), berat volume/densitas tanah (γ), batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastis (IP), nilai kohesi tanah (C), dan sudut geser tanah (ϕ). Untuk data *borlog* tanah serta hasil rekap data tes laboratorium di lima titik pengeboran selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 1**.

Parameter tanah lainnya yang tidak diuji dapat dicari dengan menggunakan pendekatan korelasi dan rumus empiris. Parameter

tanah yang tidak diuji tetapi diperlukan dalam perencanaan pada Tugas Akhir ini antara lain nilai kohesivitas tanah efektif (C'), nilai dari indeks pemampatan (C_c) dan indeks mengembang (C_s), nilai koefisien konsolidasi vertikal (C_v), dan nilai koefisien konsolidasi horizontal (C_h).

Nilai C' didapatkan dari $\frac{2}{3}$ nilai C_u . Nilai C_c dan C_s didapatkan dari rumus empiris terhadap *void ratio* (Kosasih, Mochtar, 1986) sesuai dengan Persamaan (2.1) dan (2.2). Nilai C_v didapatkan dengan memakai grafik korelasi terhadap batas cair/*liquid limit* (LL) seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.1**. Nilai C_h berkisar 2 – 5 nilai C_v . Hasil rekap data parameter tanah yang akan dipakai selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Setelah dilakukan korelasi terhadap parameter tanah yang diperlukan, maka langkah selanjutnya adalah menggabungkan hasil N-SPT dari kelima titik tes. Penggabungan kurva ini bertujuan untuk melihat kecenderungan nilai N-SPT dan jenis lapisan tanahnya. Hasil gabungan N-SPT dari 5 (lima) titik tes dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai N – SPT dan Kedalaman
(Sumber: Hasil Analisis)

Dilihat dari kecenderungan pada hasil N-SPT gabungan, maka dari 5 data *borlog* yang tersedia, 3 data *borlog* diantaranya yaitu BR-1, BR-2, dan BR-7 akan diolah dengan memakai metode statistik distribusi dengan derajat keyakinan 90% sesuai Persamaan (2.5).

Selain itu, dilakukan pula pengecekan korelasi konsistensi tanah berdasarkan nilai N-SPT sesuai dengan **Tabel 2.2**. Hasil pengecekan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.1** di bawah ini.

Tabel 4.1 Tabel Pengecekan Korelasi Konsistensi Tanah Berdasarkan Nilai N-SPT; (a) BR-1, (b) BR-2, (c) BR-3, (d) BR-6, (e) BR-7

BR-1			
Depth (m)	N-SPT value	Type of Soil	Consistency
0,00			
-3,00	5	clay	soft
-6,00	6	clay	medium stiff
-9,00	8	clay	medium stiff
-12,00	11	sandy clay	medium stiff
-15,00	13	gravelly clay	medium stiff
-17,50	13	gravelly clay	medium stiff
-20,00	25	silty clay	stiff

(a)

BR-2			
Depth (m)	N-SPT value	Type of Soil	Consistency
0,00			
-3,00	5	clay	soft
-6,00	7	clay	medium stiff
-9,00	9	clay	medium stiff
-12,00	10	clay	medium stiff
-15,00	16	clay	stiff
-17,50	17	gravelly clay	stiff
-20,00	41	silty clay	hard

(b)

BR-3			
Depth (m)	N-SPT value	Type of Soil	Consistency
0,00			
-3,00	10	clay	medium stiff
-6,00	13	clay	medium stiff
-9,00	22	clay	stiff
-12,00	25	clay	stiff
-15,00	22	silty clay	stiff
-17,50	20	clay	stiff
-20,00	34	clay	hard

(c)

BR-6			
Depth (m)	N-SPT value	Type of Soil	Consistency
0,00			
-3,00	11	clay	medium stiff
-6,00	10	clay	medium stiff
-9,00	12	silty clay	medium stiff
-12,00	14	sandy clay	medium stiff
-15,00	14	clay	medium stiff
-17,50	15	silty clay	medium stiff
-20,00	42	sand	dense

(d)

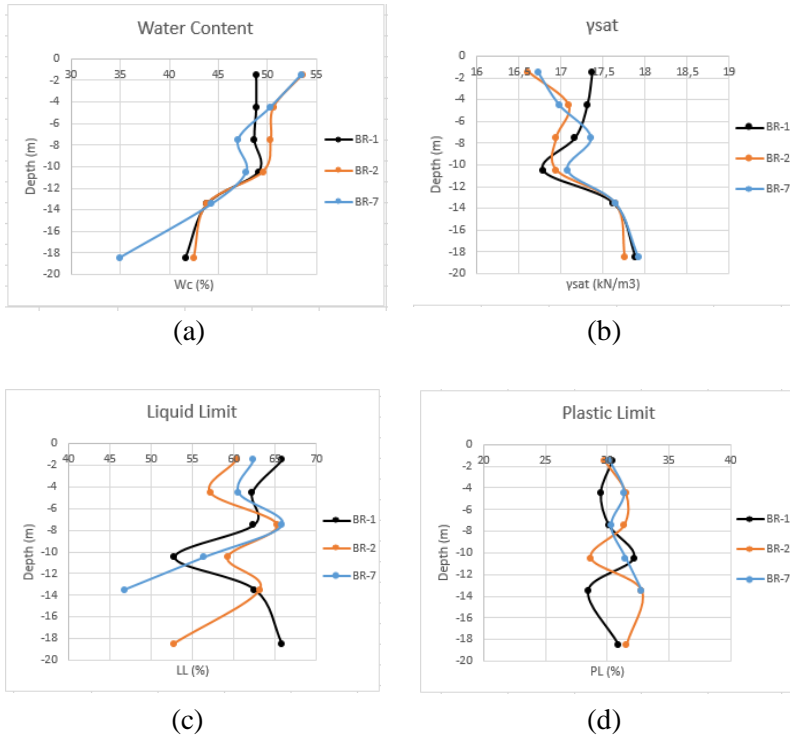
BH-7			
Depth (m)	N-SPT value	Type of Soil	Consistency
0,00			
-3,00	6	clay	soft
-6,00	9	clay	medium stiff
-9,00	9	clay	medium stiff
-12,00	10	gravelly clay	medium stiff
-15,00	19	gravelly clay	medium stiff
-17,50	20	silty clay	stiff
-20,00	34	sandy clay	hard

(e)

(Sumber: Hasil Analisis)

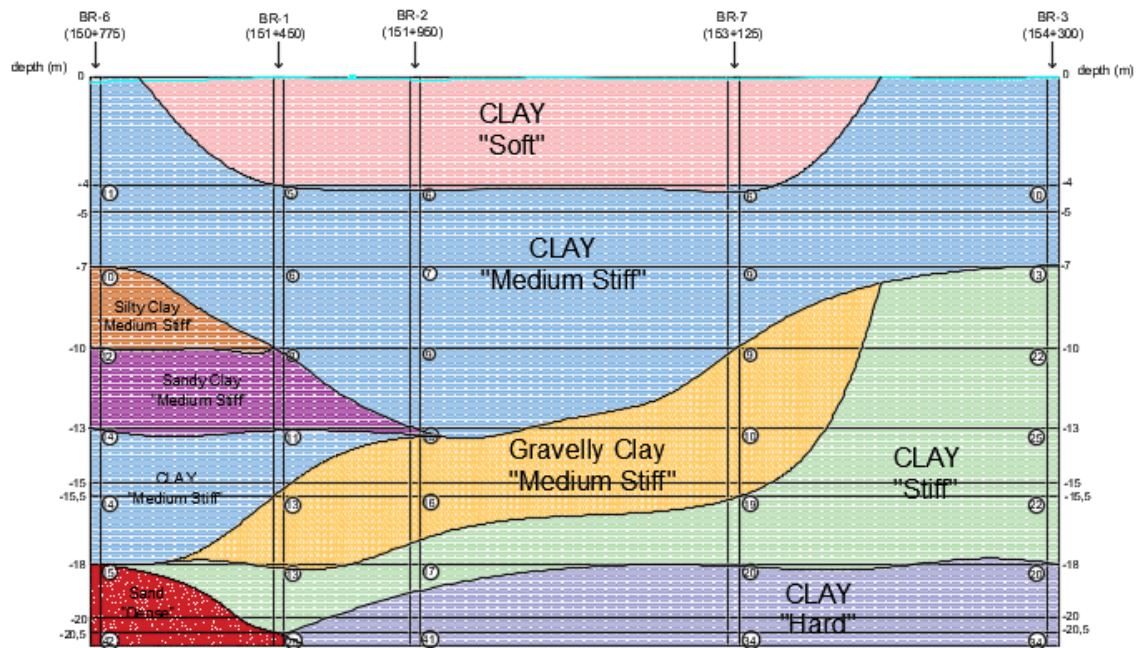
Dari **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.1** tersebut, bisa dilakukan metode statistik distribusi pada BR-1, BR-2, dan BR-7, sedangkan pada lokasi titik BR-3 dan titik BR-6 tidak bisa diolah secara metode statistik distribusi karena konsistensi tanah serta nilai N-SPT yang ada cukup berbeda sehingga selanjutnya akan ditinjau secara terpisah.

Dari setiap parameter tanah pada BR-1, BR-2, dan BR-7, data – data tersebut dikelompokkan berdasarkan kedalaman dan kedekatan nilainya. Setiap pengelompokkan dicari satu nilai yang mampu mewakili dengan menggunakan metode statistik distribusi. Penyebaran dan pengelompokkan data parameter tanah dari hasil tes laboratorium di BR-1, BR-2, dan BR-7 bisa dilihat pada **Gambar 4.2** maupun **Lampiran 1**, sedangkan hasil analisis tiap parameter tanah dengan metode statistik distribusi dengan derajat keyakinan 90% selengkapnya bisa dilihat pada **Lampiran 1**.



Gambar 4.2 Grafik Parameter Tanah Pada Tiga Titik Pengeboran Menurut Kedalaman; (a) Kadar Air (W_c), (b) Berat jenis Tanah Jenuh (γ_{sat}), (c) Batas Cair (LL), (d) Batas Plastis (PL)
(Sumber: Hasil Analisis)

Sketsa gambar penampang lapisan tanah di setiap titik pengeboran ditunjukkan oleh data stratigrafi tanah dengan memperhatikan nilai N-SPT dan konsistensi tanah sesuai dengan **Gambar 4.3** di bawah ini.



Gambar 4.3 Sketsa Gambar Data Stratigrafi Tanah
(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan stratigrafi tanah pada **Gambar 4.3**, tanah dasar merupakan tanah lempung dengan konsistensi *soft – medium stiff* dari kedalaman 0 s.d. 15 m. Lapisan yang lebih dalam merupakan tanah lempung dengan konsistensi *stiff – very stiff* hingga mencapai kedalaman 20 m sebelum menemui lapisan tanah pasir. Rekapitulasi data tanah hasil analisis dengan metode statistik distribusi, pendekatan korelasi dan rumus empiris dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berdasarkan rekapitulasi tersebut, terdapat 3 (tiga) zona data tanah yaitu sebagai berikut :

a) Data Tanah 1

Data tanah 1 berasal dari titik BR-6 dengan ketebalan tanah lunak mencapai 15 m. Data ini digunakan untuk STA 150+250 – STA 150+750.

b) Data Tanah 2

Data tanah 2 merupakan hasil statistik distribusi antara BR-1, BR-2, dan BR-7. Data tanah 2 memiliki ketebalan tanah lunak mencapai 15 m. Data ini digunakan untuk STA 151+000 – STA 153+800.

c) Data Tanah 3

Data tanah 3 berasal dari titik BR-3 dengan ketebalan tanah lunak mencapai 6 m. Data ini digunakan untuk STA 154+000 – STA 154+400.

Rekapitulasi ketiga data tanah tersebut akan digunakan untuk analisis perhitungan perencanaan geoteknik selanjutnya.

4.1.2 Data Timbunan

Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan perencanaan dengan 2 (dua) material timbunan yang berbeda, yaitu timbunan material tanah sirtu dan timbunan material ringan mortar busa. Spesifikasi teknis dari dua material timbunan tersebut antara lain :

a) Sifat Fisik Timbunan

Tabel 4.2 Spesifikasi Material Timbunan

Paramater Timbunan	Timbunan Tanah Sirtu	Timbunan Mortar Busa	
		Base	Subbase
$V_{(kN/m^3)}$	18,5	8	6
C	0	0	0
Φ	30	40	45

(Sumber: Hasil Analisis)

Tinggi pelaksanaan timbunan untuk lapisan base adalah maksimal 30 cm, sedangkan tinggi pelaksanaan timbunan untuk lapisan subbase berkisar antara 30 – 50 cm.

b) Geometri Timbunan

Karena timbunan akan digunakan untuk perencanaan pembangunan jalan tol, maka tinggi timbunan rencana (H_{final}) dan lebar timbunan berbeda – beda. **Tabel 4.3** menunjukkan data hasil rekapitulasi tinggi timbunan rencana (H_{final}) dan lebar timbunan tiap 250 meter mulai dari STA 150+250 hingga 154+400.

Tabel 4.3 Data Hasil Rekapitulasi H_{final} dan Lebar Timbunan STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Lebar Timb (m)	Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Lebar Timb (m)
150+250	2,0	40	152+500	2,0	46
150+500	1,5	40	152+750	2,5	46
150+750	6,5	60	153+000	3,5	50
151+000	4,5	60	153+250	5,0	60
151+250	1,5	44	153+500	6,5	60
151+500	2,5	48	153+800	5,5	60
151+750	2,0	46	154+000	5,0	54
152+000	1,5	40	154+250	1,5	60
152+250	2,5	48	154+400	1,5	50

(Sumber: Hasil Analisis)

4.1.3 Data *Selected Material*

Dalam pelaksanaan pembangunan Jalan Tol Solo – Kertosono, dilakukan metode *material replacement* dimana tanah dasar sedalam 2 meter diganti dengan material lain yang telah ditentukan (*selected material*). Oleh karena itu, Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan evaluasi terhadap metode tersebut. Adapun *selected material* berupa “pasir padat” yang memiliki spesifikasi sesuai dengan **Gambar 2.4** yaitu sebagai berikut :

- Data *selected material* (pasir padat)

$$\gamma_t = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C_c = 0$$

$$C_s = 0$$

$$\mu = 0,25$$

$$E = 34500 \text{ kN/m}^2 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \mu \\ E \end{matrix}} \right\} \text{ (Gambar 2.4)}$$

Untuk nilai e , didapatkan dari rumus berikut :

$$\gamma_{sat} = \frac{(e+Gs) \times \gamma_w}{1+e}$$

$$18,5 = \frac{(e+2,65) \times 10}{1+e}$$

$$e = 0,9412$$

4.2 Data Analisis dan Desain Perencanaan

4.2.1 Data Beban

Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono merupakan proyek jalan raya dimana beban – beban yang diperhitungkan antara lain : beban akibat berat timbunan sendiri, beban perkerasan jalan (*pavement*), dan beban lalu lintas (q_{LL})

a) Beban Perkerasan Jalan (*pavement*)

Beban perkerasan jalan direncanakan memakai perkerasan lentur / aspal dengan ketebalan sebesar 10 cm dan berat volume sebesar 22 kN/m³ sesuai dengan **Tabel 2.6**.

b) Beban Lalu Lintas (q_{LL})

Penentuan perencanaan beban lalu lintas yang berdasarkan tinggi timbunan rencana (H_{final}) tiap STA ditinjau dari grafik sesuai dengan **Gambar 2.26**. Rekapitulasi hubungan antara H_{final} dan beban lalu lintas tiap 250 m mulai dari STA 150+250 hingga 154+400 ditunjukkan oleh **Tabel 4.4** di bawah ini.

Tabel 4.4 Data Hasil Rekapitulasi Beban Lalu Lintas
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	qLL (kN/m ²)	Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	qLL (kN/m ²)
150+250	2,0	11	152+500	2,0	11
150+500	1,5	18	152+750	2,5	9
150+750	6,5	1	153+000	3,5	3
151+000	4,5	2	153+250	5,0	1
151+250	1,5	18	153+500	6,5	1
151+500	2,5	9	153+800	5,5	1
151+750	2,0	11	154+000	5,0	1
152+000	1,5	18	154+250	1,5	18
152+250	2,5	9	154+400	1,5	18

(Sumber: Hasil Analisis)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan pembebanan pada STA 150+250 yang memakai timbunan material tanah sirtu dan timbunan material ringan mortar busa.

Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 :

Diketahui $H_{\text{final}} = 2$ meter

$L_{\text{timb}} = 40$ meter

Pada $H : 3$ meter →

$$\begin{aligned}
 q_{\text{timb}} &= \gamma t \times H \\
 &= 18,5 \times 3 \\
 &= 55,5 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{pavement}} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{pavement}} = 22 \text{ kN/m}^3 \text{ (didapatkan dari Tabel 2.6)}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{pavement}} &= \gamma_{\text{pavement}} \times H_{\text{pavement}} \\
 &= 22 \times 0,1 \\
 &= 2,2 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$q_{\text{LL}} = 11 \text{ kN/m}^2 \text{ (didapatkan dari Tabel 4.4)}$$

Tabel 4.5 Rekapitulasi Pembebanan Pada Timbunan Tanah Sirtu
STA 150+250

H beban timbunan (m)	q timbunan (kN/m ²)	H pavement (m)	q pavement (kN/m ²)	q lalu lintas (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a (m)	b (m)
3	55,5	0,1	2,2	11	0,59	6	16
5	92,5	0,1	2,2	11	0,59	10	16
7	129,5	0,1	2,2	11	0,59	14	16
9	166,5	0,1	2,2	11	0,59	18	16

(Sumber: Hasil Analisis)

Timbunan Mortar Busa STA 150+250 :

Diketahui $H_{\text{final}} = 2$ meter

$L_{\text{timb}} = 40$ meter

Pada $H : 3$ meter →

$$\begin{aligned}
 q_{\text{timb Base}} &= \gamma_t \times H_{\text{timb Base}} \\
 &= 8 \times 0,3 \\
 &= 2,4 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{timb Subbase}} &= \gamma_t \times H_{\text{timb Subbase}} \\
 &= \gamma_t \times (H - H_{\text{timb Base}}) \\
 &= 6 \times (3 - 0,3) \\
 &= 16,2 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{timb total}} &= q_{\text{timb Base}} + q_{\text{timb Subbase}} \\
 &= 2,4 + 16,2 \\
 &= 18,6 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{pavement}} &= 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{pavement}} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\
 q_{\text{pavement}} &= \gamma_{\text{pavement}} \times H_{\text{pavement}} \\
 &= 22 \times 0,1 \\
 &= 2,2 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{\text{LL}} &= 11 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Rekapitulasi Pembebanan Pada Timbunan Mortar Busa
STA 150+250

H beban timbunan BASE (m)	H beban timbunan SUBBASE (m)	q timbunan BASE (kN/m ²)	q timbunan SUBBASE (kN/m ²)	q timbunan (kN/m ²)
0,3	2,7	2,4	16,2	18,6
0,3	4,7	2,4	28,2	30,6
0,3	6,7	2,4	40,2	42,6
0,3	8,7	2,4	52,2	54,6

H pavement (m)	q pavement (kN/m ²)	q lalu lintas (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a BASE (m)	b BASE (m)	a SUBBASE (m)	b SUBBASE (m)
0,1	2,2	11	1,38	0,6	16	5,4	16,6
0,1	2,2	11	1,38	0,6	16	9,4	16,6
0,1	2,2	11	1,38	0,6	16	13,4	16,6
0,1	2,2	11	1,38	0,6	16	17,4	16,6

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan pembebanan timbunan memakai variasi ketinggian timbunan mulai dari ketinggian 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan grafik H_{initial} dan grafik pemampatan (Sc). Kemiringan lereng timbunan diketahui 1 : 2. Beban akibat berat timbunan sendiri juga berbeda – beda akibat dari pemakaian 2 material timbunan, yaitu material tanah sirtu dan mortar busa yang memiliki berat volume yang berbeda.

4.2.2 Data Spesifikasi Bahan

4.2.2.1 Geotextile

Geotextile yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah *Geotextile* tipe woven produksi dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Spesifikasi materialnya antara lain sebagai berikut :

Tipe : *Polypropylene Woven Geotextile* UW-250

Mass : 250 gr/m²

Thickness : 0,7 mm

Strength : 52 kN/m

Spesifikasi bahan selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 9**.

4.2.2.2 Prefabricated Vertical Drain (PVD)

PVD yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah *CeTeau Drain* CT-D822 produksi dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Spesifikasi materialnya antara lain sebagai berikut :

Weight = 75 g/m

Thickness (a) = 100 mm

Width (b) = 4 mm

Spesifikasi bahan selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 10**.

4.2.2.3 Cerucuk / Micropile

Micropile yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah tiang – tiang vertikal berbentuk *square* yang terbuat dari beton produksi dari PT. Kalimantan Concrete Engineering. Spesifikasi materialnya antara lain sebagai berikut :

***Micropile* 20 x 20 :**

S = 20 cm x 20 cm

L = 600 cm

F'_c = K500 / 40 MPa

I_n = 13333 cm⁴

M_{cr} = 0,86 ton-m = 8,6 kN-m

M_n = 1,76 ton-m = 17,6 kN-m

Spesifikasi bahan selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 11**.

BAB V

PERENCANAAN GEOTEKNIK

5.1 Perhitungan Besar Pemampatan Tanah (S_c), Tinggi Timbunan Awal (H_{initial}), dan Tinggi Timbunan Akhir (H_{final})

Pemampatan tanah dasar dapat dihitung dari hasil analisis data tanah serta perencanaan pembebanan untuk jalan raya. Pemampatan tanah dasar bisa terjadi akibat dari pemampatan segera (*immediate settlement*) maupun pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) yaitu pada saat tanah berada dalam kondisi *overconsolidated* dengan pertimbangan kondisi tanah yang dipengaruhi oleh fluktuasi muka air. Pengaruh dari fluktuasi muka air tersebut menyebabkan terjadinya tegangan sebesar 15 kN/m^2 . Perhitungan pemampatan tanah dasar dapat dilihat dari Persamaan (2.7).

Dari perhitungan pemampatan ini akan diperoleh nilai besar pemampatan (S_c), tinggi timbunan awal (H_{initial}), dan tinggi timbunan akhir (H_{final}). Perhitungan besar pemampatan dilakukan di tiga titik berbeda untuk menghitung besarnya perbedaan pemampatan yang terjadi (*differential settlement*). Penjelasan lebih lanjut mengenai *differential settlement* akan dijelaskan di Subbab 5.2.

Dalam Tugas Akhir ini, perhitungan pemampatan tanah dasar akan dihitung pada STA yang ditinjau tiap 250 meter mulai dari STA 150+250 sampai dengan STA 154+400, baik menggunakan material tanah sirtu maupun material ringan mortar busa.

5.1.1 Pemampatan Tanah (Sc) Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan tanah dasar (Sc) di lapisan keempat pada STA 150+250 yang memakai timbunan material tanah sirtu dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$ dan beban lalu lintas sebesar 11 kN/m^2 . Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 1 yaitu sebagai berikut :

H_{lapisan}	$= 1 \text{ m}$	e	$= 1,383$
γ_{sat}	$= 16,844 \text{ kN/m}^3$	C_c	$= 0,4635$
γ_w	$= 10 \text{ kN/m}^3$	C_s	$= 0,1032$
γ'	$= 6,844 \text{ kN/m}^3$		

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan ke-4 sesuai dengan Persamaan (2.12) yaitu sebagai berikut :

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ 3 m di lapisan atas}) + (\gamma' x \frac{1}{2} h)$$

$$\sigma'_o = 21,057 \text{ kN/m}^2 + (6,844 \times 0,5)$$

$$\sigma'_o = 24,479 \text{ kN/m}^2$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

Perhitungan distribusi tegangan akibat timbunan dilakukan pada variasi ketinggian timbunan setinggi 3 meter, 5 meter, 7 meter, dan 9 meter. Selain itu, dihitung pula distribusi tegangan akibat *pavement*.

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan

Dari perencanaan pembebanan, diketahui nilai a dan b pada timbunan adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{H} = 3 \text{ m} :$$

$$L_{\text{timb}} = 40 \text{ m}$$

$$H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$$

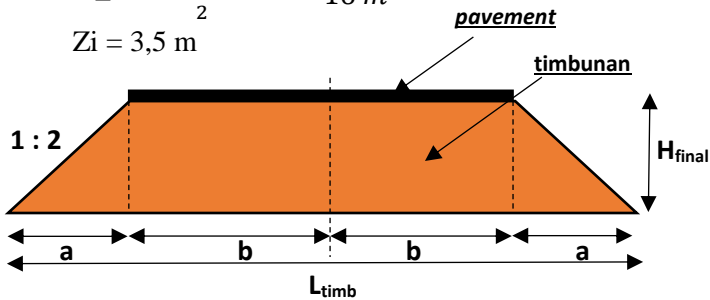
$$a = 2 \times H$$

$$= 2 \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

$$b = \frac{((L_{\text{timb}} - (2 \times 2 \times H_{\text{final}}))}{2}$$

$$= \frac{((40 - (2 \times 2 \times 2))}{2} = 16 \text{ m}$$

$$Z_i = 3,5 \text{ m}$$



Perhitungan untuk mendapatkan distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan Persamaan (2.15) seperti berikut :

$$\mathbf{H} = 3 \text{ m} :$$

$$q_o = 3 \times 18,5 = 55,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(a+b)}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(6+16)}{3,5} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{16}{3,5} \right) = 3,2996$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{16}{3,5} \right) = 77,66$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_o}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{55,5}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(6+16)}{6} \right) \right\} (3,2996 + 77,6) - \frac{16}{6} \times 77,6 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 27,676 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 2 \times 27,676 \text{ kN/m}^2$$

$$= 55,352 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan nilai distribusi tegangan untuk setengah timbunan sebesar $27,676 \text{ kN/m}^2$. Untuk mencari distribusi tegangan akibat timbunan secara keseluruhan dikali 2 (dua) sehingga nilainya sebesar $55,352 \text{ kN/m}^2$.

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement*

Perkerasan jalan dianggap sebagai beban segiempat merata sehingga dengan menggunakan grafik dari **Gambar 2.7** didapatkan :

$$Z_i = 6,5 \text{ m}$$

$$m = \frac{x}{z} = \frac{32}{6,5} = 4,92$$

$$x = 32 \text{ m}$$

$$n = \frac{y}{z} = \frac{\infty}{6,5} = \infty$$

$$y = \infty$$

Dengan memakai nilai m dan n , dari grafik didapatkan nilai inersia (I) = 0,25. Nilai Δp adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

$$\Delta p = I \times q_0$$

$$\Delta p = 0,25 \times 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan nilai distribusi tegangan akibat *pavement* adalah $0,55 \text{ kN/m}^2$.

Untuk menghitung distribusi tegangan total yang terjadi di lapisan keempat adalah penjumlahan distribusi tegangan akibat timbunan dan akibat pavement sehingga nilainya $55,352 \text{ kN/m}^2 + 0,55 \text{ kN/m}^2 = 55,902 \text{ kN/m}^2$.

3. Perhitungan Pemampatan Konsolidasi (S_c)

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2.11) karena tanah dasar berada pada kondisi *overconsolidated soil* ($OC - Soil$) dengan kondisi dimana jumlah tegangan *overburden* efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ($\sigma'_o + \Delta\sigma' > P'_c$). Perhitungan pemampatan tanah dasar di bawah timbunan tanah sirtu pada lapisan keempat adalah sebagai berikut :

H = 3 m :

$$S_c = \left[\frac{H}{1 + e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right]$$

$$S_c = \left[\frac{1}{1 + 1,383} 0,1032 \log \frac{39,479}{24,479} \right] + \left[\frac{1}{1 + 1,383} 0,4635 \log \frac{24,479 + 55,902}{39,479} \right]$$

$$S_c = 0,069054 \text{ m}$$

Total pemampatan tanah dasar (S_c) yang terjadi di seluruh kedalaman tanah lunak akibat timbunan tanah sirtu setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	S_c (m)
3	57,7	0,820
5	94,7	1,217
7	131,7	1,517
9	168,7	1,758

(Sumber: Hasil Analisis)

5.1.2 Pemampatan Tanah (Sc) Di Bawah Timbunan Tanah

Mortar Busa

Selain menggunakan material tanah sirtu, timbunan jalan direncanakan memakai timbunan ringan dengan material mortar busa yang memiliki pemampatan tanah dasar yang lebih kecil.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan tanah dasar (Sc) di lapisan keempat pada STA 150+250 yang memakai timbunan material mortar busa dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$ dan beban lalu lintas sebesar 11 kN/m^2 . Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 1 yaitu sebagai berikut :

H_{lapisan}	= 1 m	e	= 1,383
γ_{sat}	= $16,844 \text{ kN/m}^3$	C_c	= 0,4635
γ_w	= 10 kN/m^3	C_s	= 0,1032
γ'	= $6,844 \text{ kN/m}^3$		

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

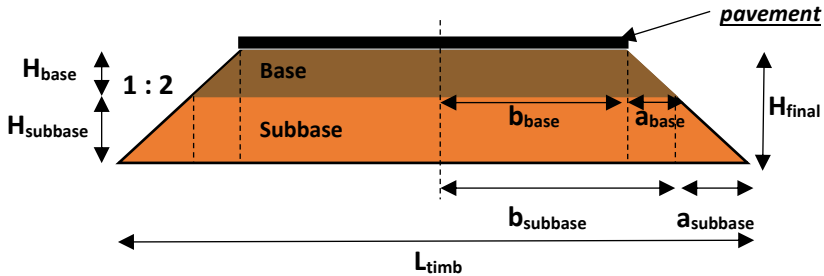
Perhitungan tegangan *overburden* efektif di bawah timbunan material mortar busa sama dengan perhitungan di Sub-subbab 5.1.1 sebelumnya karena berada di atas tanah yang sama. Perhitungan sesuai dengan Persamaan (2.12) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma'_o &= (\sigma'_o \text{ 3 m di lapisan atas}) + (\gamma' \times \frac{1}{2} h) \\ \sigma'_o &= 21,057 \text{ kN/m}^2 + (6,844 \times 0,5) \\ \sigma'_o &= 24,479 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

Sama halnya dengan perhitungan distribusi tegangan pada timbunan tanah sirtu, perhitungan distribusi tegangan akibat timbunan mortar busa dilakukan pada variasi ketinggian

timbunan setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m. Distribusi tegangan yang terjadi antara lain akibat timbunan lapisan base, subbase, dan *pavement*.



- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base
Dari perencanaan pembebanan, diketahui nilai a dan b pada timbunan lapisan base adalah sebagai berikut :

$$H = 3 \text{ m}$$

$$H_{\text{timbase}} = 0,3 \text{ m} :$$

$$L_{\text{timb}} = 40 \text{ m}$$

$$H_{\text{final}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} a \text{ Base} &= 2 \times H_{\text{timbase}} \\ &= 2 \times 0,3 \text{ m} = 0,6 \text{ m} \\ b \text{ Base} &= \frac{(L_{\text{timb}} - (2 \times 2 \times H_{\text{final}}))}{2} \\ &= \frac{((40 - (2 \times 2 \times 2)))}{2} = 16 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Z_i = 6,2 \text{ m}$$

Perhitungan untuk mendapatkan distribusi tegangan akibat timbunan base menggunakan Persamaan (2.15) seperti berikut :

$$H_{\text{timbase}} = 0,3 \text{ m} :$$

$$q_o = 0,3 \times 8 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(a+b)}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(0,6+16)}{6,2} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{16}{6,2} \right) = 0,7$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{16}{6,2} \right) = 68,81865$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_o}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{2,4}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(0,6+16)}{0,6} \right) \right\} (0,7 + 68,818) - \frac{16}{0,6} x 68,818 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 1,176 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 2 \times 1,176 \text{ kN/m}^2$$

$$= 2,352 \text{ kN/m}^2$$

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase
Dari perencanaan diketahui nilai a dan b untuk timbunan lapisan subbase adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{H_{timbSubbase} = 2,7 \text{ m} :}$$

$$\begin{aligned} \text{a Subbase} &= 2 \times H_{timbSubbase} \\ &= 2 \times (H - H_{timbbase}) \\ &= 2 \times (3 \text{ m} - 0,3 \text{ m}) \\ &= 5,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b Subbase} &= \text{a Base} + \text{b Base} \\ &= 0,6 \text{ m} + 16 \text{ m} \\ &= 16,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Z_i = 3,5 \text{ m}$$

Perhitungan untuk mendapatkan distribusi tegangan akibat timbunan subbase menggunakan Persamaan (2.15) seperti berikut :

$$\mathbf{H_{timbSubbase} = 2,7 \text{ m} :}$$

$$q_o = 2,7 \times 7 = 16,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(a+b)}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(5,4+16,6)}{3,5} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{16,6}{3,5} \right) = 2,86657$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{16,6}{3,5} \right) = 78,09395$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{qo}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{16,2}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(5,4+16,6)}{5,4} \right) \right\} (2,86657 + 78,09) - \frac{16,6}{5,4} x 78,093 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 8,08 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 2 x 8,081 \text{ kN/m}^2$$

$$= 16,16 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan nilai distribusi tegangan untuk setengah timbunan base sebesar 1,176 kN/m², sedangkan untuk setengah timbunan subbase sebesar 8,08 kN/m². Untuk mencari distribusi tegangan akibat timbunan secara keseluruhan dikali 2 sehingga untuk timbunan base sebesar 2,352 kN/m² dan subbase sebesar 16,16 kN/m².

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement*

Sama seperti pada perhitungan sebelumnya, dengan menggunakan grafik dari **Gambar 2.7** didapatkan :

$$Z_i = 6,5 \text{ m} \qquad m = \frac{x}{z} = \frac{32}{6,5} = 4,92$$

$$x = 32 \text{ m} \qquad n = \frac{y}{z} = \frac{\infty}{6,5} = \infty$$

$$y = \infty$$

Dengan memakai nilai m dan n, dari grafik didapatkan nilai inersia (I) = 0,25. Nilai Δp adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

$$\Delta p = I x qo$$

$$\Delta p = 0,25 \times 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan nilai distribusi tegangan akibat *pavement* adalah $0,55 \text{ kN/m}^2$.

Untuk menghitung distribusi tegangan total yang terjadi di lapisan keempat adalah penjumlahan distribusi tegangan akibat timbunan base, timbunan subbase dan *pavement* sehingga nilainya $2,352 \text{ kN/m}^2 + 16,16 \text{ kN/m}^2 + 0,55 \text{ kN/m}^2 = 19,062 \text{ kN/m}^2$.

3. Perhitungan Pemampatan Konsolidasi (S_c)

Perhitungan pemampatan tanah dasar di bawah timbunan mortar busa pada lapisan keempat adalah sebagai berikut :

$H_{\text{timb}} = 3 \text{ m}$:

$$S_c = \left[\frac{H}{1 + e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \right]$$

$$S_c = \left[\frac{1}{1 + 1,383} 0,1032 \log \frac{39,479}{24,479} \right] + \left[\frac{1}{1 + 1,383} 0,4635 \log \frac{24,479 + 19,062}{39,479} \right]$$

$$S_c = 0,017262 \text{ m}$$

Total pemampatan tanah dasar (S_c) yang terjadi di seluruh kedalaman tanah lunak akibat timbunan mortar busa setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Sc (m)
3	20,8	0,209
5	32,8	0,449
7	44,8	0,645
9	56,8	0,811

(Sumber: Hasil Analisis)

Cara perhitungan pemampatan tanah dasar di seluruh lapisan tanah dasar adalah sama dan berulang – ulang mulai dari STA 150+250 hingga STA 154+400 baik menggunakan material tanah sirtu maupun mortar busa. Rekapitulasi perhitungan pemampatan (Sc) STA 150+250 – STA 154+400 selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Setelah mendapatkan nilai besar pemampatan (Sc) dan pemberian beban pada timbunan (q_o), dapat dihitung nilai dari $H_{initial}$ dan H_{final} . Untuk perhitungan H_{final} memperhatikan besar pemampatan (Sc), tebal perkerasan jalan ($H_{pavement}$), dan tinggi beban *pre-loading* ($H_{bongkar}$). $H_{bongkar}$ adalah tinggi timbunan yang mewakili beban lalu lintas yang nantinya akan dibongkar setelah timbunan mengalami pemampatan agar mencapai tinggi timbunan yang direncanakan. Karena tinggi H_{final} tiap STA berbeda – beda, maka $H_{initial}$ yang didapatkan juga berbeda.

5.1.3 $H_{initial}$ dan H_{final} Timbunan Tanah Sirtu

Perhitungan tinggi timbunan awal untuk timbunan tanah sirtu dapat diperoleh dengan memakai Persamaan (2.19). Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan tinggi timbunan awal ($H_{initial}$)

pada STA 150+250 yang memakai data tanah 1 yaitu sebagai berikut :

- $S_c \text{ total } (q_o = 57,7 \text{ kN/m}^2) = 0,820 \text{ m}$
- $\gamma_{timb} = 18,5 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{sat-timb} = 18,5 \text{ kN/m}^3$

$$H_{Initial} = \frac{q_{rencana} + (S_c \times (\gamma_{timb} + \gamma_w - \gamma_{sat-timb}))}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{Initial} = \frac{57,7 + (0,82 \times (18,5 + 10 - 18,5))}{18,5}$$

$$H_{Initial} = 3,562 \text{ m}$$

Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $q_{LL} = 11 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{q_{LL}}{\gamma_{timb}} = \frac{11}{18,5} = 0,59 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 3,562 - 0,59 - 0,82 + 0,1$$

$$H_{final} = 2,25 \text{ m}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan kembali dengan cara yang sama pada variasi ketinggian timbunan setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.3**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.1**. Persamaan yang didapatkan

dari **Gambar 5.1** digunakan untuk menghitung H_{initial} yang dibutuhkan agar mampu mencapai H_{final} yang direncanakan.

Sedangkan hubungan antara H_{final} dan Sc ditunjukkan pada **Gambar 5.2**. Persamaan pada **Gambar 5.2** digunakan untuk menghitung besar pemampatan yang terjadi (Sc). Perhitungan pada STA 150+250 yang memiliki $H_{\text{final}} = 2$ m adalah sebagai berikut :

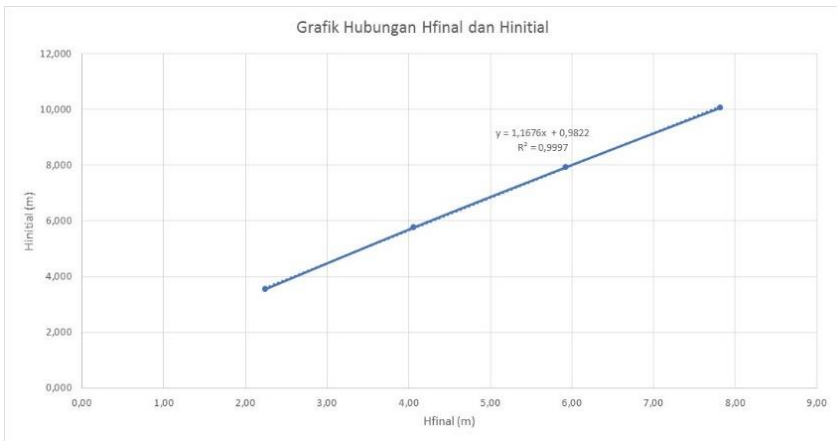
$$\begin{aligned} H_{\text{-Initial}} &= 1,1676x + 0,9822 \\ H_{\text{-Initial}} &= 1,1676 (2) + 0,9822 \\ H_{\text{-Initial}} &= 3,317 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sc &= 0,1676x + 0,4876 \\ Sc &= 0,1676 (2) + 0,4876 \\ Sc &= 0,823 \text{ m} \end{aligned}$$

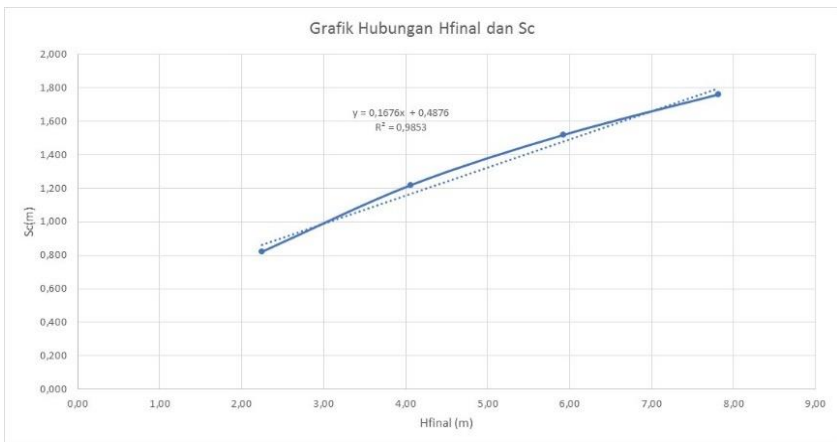
Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan H_{initial} , H_{final} , dan Sc
Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,562	0,820	0,59	0,1	2,25
5	94,7	5,777	1,217	0,59	0,1	4,06
7	131,7	7,939	1,517	0,59	0,1	5,93
9	168,7	10,069	1,758	0,59	0,1	7,82

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan H_{initial} Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan S_c Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)

5.1.4 H_{initial} dan H_{final} Timbunan Mortar Busa

Untuk mencari nilai tinggi timbunan awal pada timbunan mortar busa tidak didapatkan melalui Persamaan (2.19), melainkan dengan memakai metode grafis sesuai yang dijelaskan pada Sub-ubbab 2.6.1. Hal ini karena timbunan mortar busa memiliki 2 nilai berat timbunan (γ_{base} dan γ_{subbase}) sehingga Persamaan (2.19) kurang efektif digunakan.

Penggunaan metode grafis untuk mencari H_{initial} melibatkan variasi ketinggian timbunan dan besar pemampatan (Sc) dari ketinggian timbunan tersebut. Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan tinggi timbunan awal (H_{initial}) pada STA 150+250 yang memakai data tanah 1 yaitu sebagai berikut :

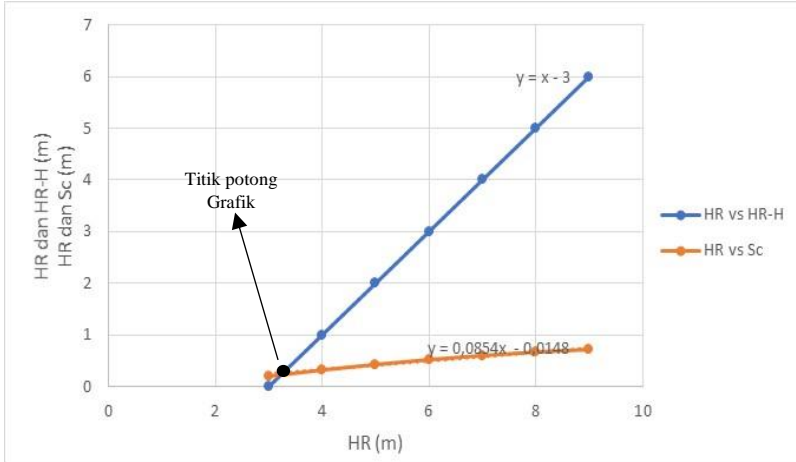
Diasumsikan bahwa tinggi timbunan yang ingin dicari adalah $H = 3 \text{ m}$. Kemudian H_{rencana} ditentukan mulai dari 3 m hingga 9 m dengan besar pemampatan (Sc) yang telah dihitung.

Tabel 5.4 Penentuan H_{final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa
STA 150+250

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,209
4	1	0,328
5	2	0,449
6	3	0,525
7	4	0,645
8	5	0,669
9	6	0,811

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.4 merupakan hasil rekapitulasi $H_{rencana}$ dan Sc yang nantinya akan menghasilkan kurva Sc versus H_R dan kurva H_R-H versus H_R . Kedua kurva ini akan menghasilkan titik potong seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 5.3** di bawah ini.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)

Dari 2 (dua) Persamaan yang terdapat dalam grafik, bisa didapatkan nilai $H_{initial}$ untuk ketinggian timbunan 3 m dengan cara mencari nilai titik potong dari dua grafik tersebut. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$y_1 = y_2$$

$$x - 3 = 0,0854x - 0,0148$$

$$x - 0,0854x = 3 - 0,0148$$

$$0,9146x = 2,9852$$

$$x = 3,26 \text{ m}$$

Kemudian sama seperti dengan perhitungan H_{final} pada timbunan tanah sirtu sebelumnya, Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 150+250 adalah sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $qLL = 18 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{qLL}{\gamma_{timbbase}} = \frac{11}{8} = 1,38 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 3,26 - 1,38 - 0,209 + 0,1$$

$$H_{final} = 1,778 \text{ m}$$

Selanjutnya dibuat grafik dan dilakukan perhitungan kembali dengan cara yang sama pada variasi ketinggian timbunan setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.5**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.4**, sedangkan hubungan antara H_{final} dan S_c ditunjukkan pada **Gambar 5.5**.

Perhitungan pada STA 150+250 yang memiliki $H_{final} = 2 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$H-Initial = 1,1022x + 1,3192$$

$$H-Initial = 1,1022 (2) + 1,3192$$

$$H-Initial = 3,524 \text{ m}$$

$$S_c = 0,1022x + 0,0442$$

$$S_c = 0,1022 (2) + 0,0442$$

$$S_c = 0,249 \text{ m}$$

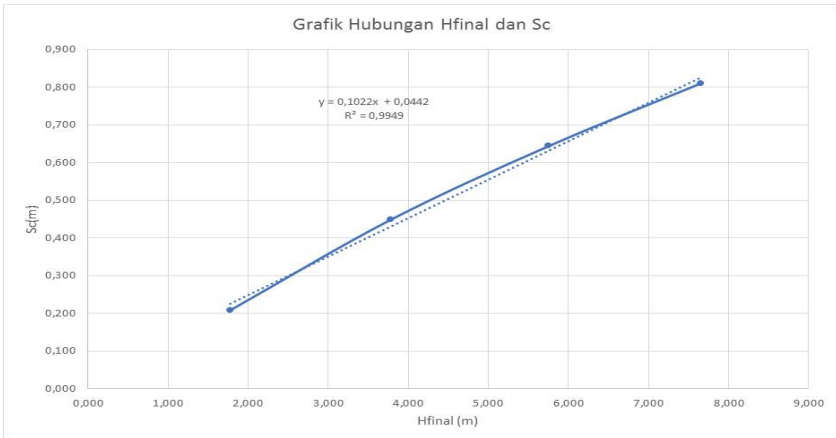
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan Sc
Timbunan Mortar Busa STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,262	0,209	1,38	0,1	1,778
5	32,8	5,503	0,449	1,38	0,1	3,779
7	44,8	7,674	0,645	1,38	0,1	5,755
9	56,8	9,740	0,811	1,38	0,1	7,654

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan
Mortar Busa STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)

Dengan cara yang serupa, mampu diperoleh hasil perhitungan H_{initial} dan H_{final} mulai dari STA 150+250 hingga STA 154+400 baik dengan perencanaan timbunan material tanah sirtu maupun mortar busa. Rekapitulasi perhitungan H_{initial} dan H_{final} STA 150+250 – STA 154+400 selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Setelah itu, dilakukan perbandingan antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa, yaitu perbandingan pemampatan tanah dasar (Sc) dan tinggi timbunan awalnya (H_{initial}).

5.1.5 Perbandingan Pemampatan Tanah Dasar (S_{tot}) dan Tinggi Awal Timbunan (H_{initial}) Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa

Material mortar busa yang memiliki berat volume yang lebih kecil akan menghasilkan pemampatan tanah yang lebih kecil pula

jika dibandingkan dengan material tanah sirtu. Selain itu, material mortar busa juga mempunyai sifat mampu mengembang dan memadat sendiri sehingga kebutuhan material tidak perlu banyak.

Hasil rekapitulasi nilai H_{initial} dan pemampatan tanah (S_{tot}) antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa dapat dilihat pada **Tabel 5.6**. Dari tabel tersebut, dilakukan perbandingan pada STA tiap 250 meter mulai dari STA 150+250 – STA 154+400.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Nilai H_{initial} dan S_{tot}
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	H_{final} (m)	Timbunan Material Sirtu		Timbunan Mortar Busa		$\Delta H_{\text{initial}}$ (m)	ΔS_{tot} (m)	Ket.	Ket.
		H_{initial} (m)	S_{tot} (m)	H_{initial} (m)	S_{tot} (m)			($H_{\text{srt}} > H_{\text{mb}}$)	($S_{\text{srt}} > S_{\text{mb}}$)
150+250	2,0	3,32	0,82	3,52	0,25	-0,21	0,57	NOT OK	OK
150+500	1,5	3,18	0,80	3,94	0,29	-0,76	0,52	NOT OK	OK
150+750	6,5	7,94	1,49	7,20	0,72	0,74	0,76	OK	OK
151+000	4,5	5,69	1,19	5,05	0,40	0,64	0,78	OK	OK
151+250	1,5	3,20	0,82	3,95	0,30	-0,75	0,52	NOT OK	OK
151+500	2,5	3,79	0,91	3,81	0,29	-0,02	0,62	NOT OK	OK
151+750	2,0	3,34	0,84	3,54	0,26	-0,20	0,58	NOT OK	OK
152+000	1,5	3,19	0,82	3,95	0,30	-0,75	0,52	NOT OK	OK
152+250	2,5	3,79	0,91	3,81	0,29	-0,02	0,62	NOT OK	OK
152+500	2,0	3,34	0,84	3,54	0,26	-0,20	0,58	NOT OK	OK
152+750	2,5	3,80	0,91	3,81	0,29	-0,02	0,62	NOT OK	OK
153+000	3,5	4,59	1,02	4,09	0,31	0,50	0,71	OK	OK
153+250	5,0	6,21	1,26	5,46	0,44	0,75	0,82	OK	OK
153+500	6,5	7,96	1,51	7,11	0,59	0,85	0,92	OK	OK
153+800	5,5	6,80	1,34	6,01	0,49	0,79	0,86	OK	OK
154+000	5,0	5,68	0,73	5,32	0,29	0,36	0,43	OK	OK
154+250	1,5	2,89	0,51	3,86	0,21	-0,97	0,31	NOT OK	OK
154+400	1,5	2,89	0,51	3,86	0,21	-0,97	0,30	NOT OK	OK

(Sumber: Hasil Analisis)

Pada **Tabel 5.6** ditunjukkan bahwa pemampatan tanah yang terjadi akibat timbunan material mortar busa memiliki nilai selalu lebih kecil daripada pemampatan akibat timbunan tanah sirtu.

Akan tetapi, ditunjukkan pula pada tabel tersebut di beberapa STA yang memiliki perencanaan timbunan dengan $H_{\text{final}} = 1,5$ m s.d. 2,5 m, H_{initial} timbunan mortar busa justru lebih tinggi daripada

H_{initial} timbunan tanah sirtu. Dari nilai tersebut, diasumsikan bahwa tinggi beban *pre-loading* dari beban lalu lintas (q_{LL}) merupakan faktor mengapa H_{initial} timbunan mortar busa $> H_{\text{initial}}$ timbunan tanah sirtu.

Oleh karena itu, dilakukan perhitungan sekali lagi tanpa memasukkan tinggi beban *pre-loading* dari beban lalu lintas (q_{LL}). Hal ini dilakukan untuk membuktikan asumsi/hipotesis tersebut. Hasil dari perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.7**.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Nilai H_{initial} dan S_{tot}
STA 150+250 – STA 154+400 (Tanpa q_{LL})

Lokasi Jalan (STA)	H_{final} (m)	Timbunan Material Sirtu		Timbunan Mortar Busa		$\Delta H_{\text{initial}}$ (m)	ΔS_{tot} (m)	Ket. ($H_{\text{ert}} > H_{\text{mb}}$)	Ket. ($S_{\text{srt}} > S_{\text{mb}}$)
		H_{initial} (m)	S_{tot} (m)	H_{initial} (m)	S_{tot} (m)				
150+250	2,0	2,623	0,723	2,008	0,108	0,615	0,615	OK	OK
150+500	1,5	2,042	0,642	1,461	0,061	0,581	0,581	OK	OK
150+750	6,5	7,880	1,480	6,964	0,564	0,916	0,916	OK	OK
151+000	4,5	5,568	1,168	4,778	0,378	0,790	0,790	OK	OK
151+250	1,5	2,061	0,661	1,471	0,071	0,590	0,590	OK	OK
151+500	2,5	3,229	0,829	2,572	0,172	0,657	0,657	OK	OK
151+750	2,0	2,645	0,745	2,022	0,122	0,623	0,623	OK	OK
152+000	1,5	2,057	0,657	1,466	0,066	0,591	0,591	OK	OK
152+250	2,5	3,229	0,829	2,574	0,174	0,655	0,655	OK	OK
152+500	2,0	2,645	0,745	2,022	0,122	0,623	0,623	OK	OK
152+750	2,5	3,227	0,827	2,572	0,172	0,655	0,655	OK	OK
153+000	3,5	4,395	0,995	3,878	0,478	0,517	0,517	OK	OK
153+250	5,0	6,150	1,250	5,327	0,427	0,823	0,823	OK	OK
153+500	6,5	7,897	1,497	6,972	0,572	0,925	0,925	OK	OK
153+800	5,5	6,733	1,333	5,873	0,473	0,860	0,860	OK	OK
154+000	5,0	5,623	0,723	5,187	0,287	0,436	0,436	OK	OK
154+250	1,5	1,832	0,432	1,467	0,067	0,365	0,365	OK	OK
154+400	1,5	1,832	0,432	1,472	0,072	0,360	0,360	OK	OK

(Sumber: Hasil Analisis)

Seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 5.7** tersebut, H_{initial} mortar busa menjadi lebih kecil sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa H_{initial} timbunan mortar busa cenderung lebih kecil daripada H_{initial} timbunan tanah sirtu, tetapi pada ketinggian H_{final} tertentu (dalam hal ini $H_{\text{final}} = 1,5 \text{ m s.d. } 2,5 \text{ m}$), beban lalu lintas (q_{LL}) cukup

berpengaruh sehingga membutuhkan tinggi beban *pre-loading* yang lebih tinggi. Akibatnya, H_{initial} timbunan mortar busa menjadi lebih besar sehingga penggunaan material mortar busa juga lebih banyak dibandingkan timbunan material tanah sirtu.

Lokasi Jalan (STA)	H_{final} (m)	Timbunan Material Sirtu	Timbunan Mortar Busa	$\Delta H_{\text{initial}}$ (m)	Ket. ($H_{\text{srt}} > H_{\text{mb}}$)
		H_{initial} (m)	H_{initial} (m)		
151+500	2,5	3,79	3,81	-0,02	NOT OK
151+750	2,0	3,34	3,54	-0,20	NOT OK
152+000	1,5	3,19	3,95	-0,75	NOT OK
152+250	2,5	3,79	3,81	-0,02	NOT OK
152+500	2,0	3,34	3,54	-0,20	NOT OK
152+750	2,5	3,80	3,81	-0,02	NOT OK
153+000	3,5	4,59	4,09	0,50	OK
153+250	5,0	6,21	5,46	0,75	OK
153+500	6,5	7,96	7,11	0,85	OK
153+800	5,5	6,80	6,01	0,79	OK

Ket :



ΔH – nya sangat kecil (hampir mendekati nol)



ΔH – nya sudah OK

Kemudian apabila diperhatikan lebih cermat, pada $H_{\text{final}} = 2,5$ m dapat dilihat bahwa $\Delta H_{\text{initial}} = 0,02 \text{ m} \sim 0 \text{ m}$. Hal ini berarti pada $H_{\text{final}} = 2,5$ m, perbedaan H_{initial} timbunan material tanah sirtu dan H_{initial} timbunan mortar busa adalah 0 (kebutuhan volume material pada timbunan mortar busa hampir sama dengan timbunan tanah sirtu). Di sisi lainnya, dapat dilihat pula bahwa mulai pada $H_{\text{final}} = 3,5$ m, H_{initial} timbunan mortar busa sudah menjadi lebih kecil.

Dari 2 (dua) pernyataan di atas, dapat disimpulkan bahwa antara perencanaan timbunan dengan $H_{\text{final}} = 2,5$ m sampai dengan $H_{\text{final}} = 3,5$ m, terdapat nilai H_{final} perencanaan dimana H_{initial} timbunan mortar busa mulai lebih kecil daripada timbunan tanah sirtu. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan sekali lagi dan hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 5.8**.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai H_{initial} Untuk Mencari Nilai H_{final} efektif

Hfinal (m)	qLL (kN/m2)	Timbunan Material Sirtu	Timbunan Mortar Busa	$\Delta H_{\text{initial}}$ (m)	Ket. (Hsrt > Hmb)
		Hinitial (m)	Hinitial (m)		
2,5	9,0	3,804	3,816	-0,012	NOT OK
2,6	8,0	3,857	3,789	0,069	OK
2,7	7,0	3,911	3,761	0,150	OK
2,8	6,5	3,996	3,802	0,194	OK
2,9	6,0	4,081	3,843	0,238	OK
3,0	5,0	4,135	3,816	0,319	OK

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari tabel di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa ketika timbunan jalannya memiliki perencanaan dengan $H_{\text{final}} = 2,6$ m, kebutuhan volume material pada timbunan mortar busa mulai lebih kecil daripada timbunan tanah sirtu.

Perhitungan pemampatan tanah dasar (Sc), H_{initial} , dan H_{final} di atas dilakukan dengan meninjau 1 titik saja (titik tengah timbunan). Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama pada 2 titik yang berbeda untuk mencari nilai *differential settlement*.

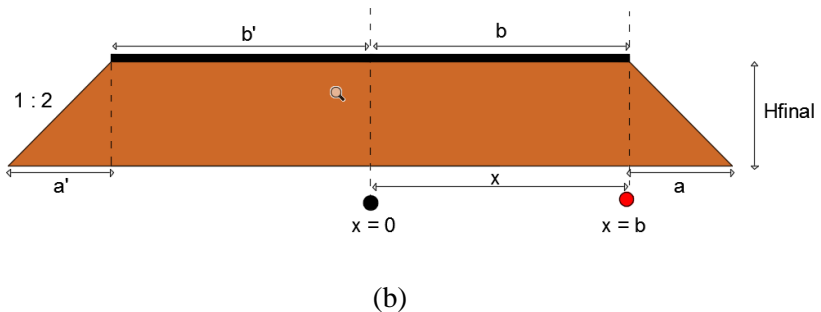
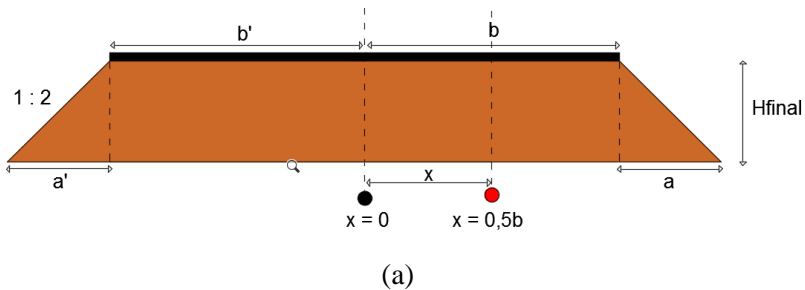
5.2 Perhitungan Perbedaan Pemampatan (*Differential Settlement*)

Perhitungan *differential settlement* dilakukan untuk menentukan nilai toleransi pemampatan (*tolerable settlement*) akibat terjadinya pemampatan tanah yang berbeda di titik yang berbeda – beda. Nilai dari toleransi pemampatan ini akan menentukan apakah perbedaan pemampatan yang terjadi di tiap titik di bawah timbunan akan merusak struktur di atas timbunan tersebut. Nilai *tolerable settlement* untuk perencanaan jalan raya adalah kurang dari 2,5 cm per tahun ($\beta < 2,5$ cm/tahun) sesuai dengan persyaratan dari Kementrian Direktorat Jendral PU.

Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan perhitungan *differential settlement* di bawah timbunan material tanah sirtu dan timbunan material mortar busa.

5.2.1 Differential Settlement Pada Timbunan Tanah Sirtu

Untuk perhitungan *differential settlement* pada timbunan tanah sirtu, perhitungan dilakukan di 2 titik selain di titik tengah timbunan ($x = 0$ m) yaitu titik $x = 0,5b$ dan titik $x = b$. Posisi kedua titik ini selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 5.6**



Gambar 5.6 Posisi Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Titik $x = 0,5b$, (b) Titik $x = b$
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.9 di bawah ini menunjukkan hasil rekapitulasi nilai besar pemampatan di 3 (tiga) titik di bawah timbunan tanah sirtu. Rekapitulasi perhitungan besar pemampatan di titik $x = 0,5b$ dan $x = b$ dari STA 150+250 – STA 154+400 selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 3**.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Besar Pemampatan Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Sirtu							
		Sc ($x = 0$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc ($x = 0,5b$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara $x = 0$ dan $x = 0,5b$	Sc ($x = b$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara $x = 0$ dan $x = b$
150+250	0	0,843	0,843	0,806	0,806	8,0	0,524	0,524	16
150+500	0	0,825	0,825	0,789	0,789	8,5	0,505	0,505	17
150+750	0	1,509	1,509	1,475	1,475	8,5	1,138	1,138	17

(a)

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Sirtu							
		Sc ($x = 0$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc ($x = 0,5b$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara $x = 0$ dan $x = 0,5b$	Sc ($x = b$ m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara $x = 0$ dan $x = b$
151+000	0	1,206	1,206	1,174	1,174	10,5	0,853	0,853	21
151+250	0	0,844	0,844	0,810	0,810	9,5	0,521	0,521	19
151+500	0	0,931	0,931	0,897	0,897	9,5	0,601	0,601	19
151+750	0	0,865	0,865	0,831	0,831	9,5	0,540	0,540	19
152+000	0	0,841	0,841	0,804	0,804	8,5	0,520	0,520	17
152+250	0	0,931	0,931	0,897	0,897	9,5	0,601	0,601	19
152+500	0	0,865	0,865	0,831	0,831	9,5	0,540	0,540	19
152+750	0	0,929	0,929	0,894	0,894	9,0	0,600	0,600	18
153+000	0	1,042	1,042	1,008	1,008	9,0	0,706	0,706	18
153+250	0	1,279	1,279	1,247	1,247	10	0,923	0,923	20
153+500	0	1,526	1,526	1,493	1,493	8,5	1,155	1,155	17
153+800	0	1,362	1,362	1,329	1,329	9,5	1,000	1,000	19

(b)

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Sirtu							
		Sc (x = 0 m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc (x = 0,5b m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = 0,5b	Sc (x = b m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = b
154+000	0	0,737	0,737	0,726	0,726	8,5	0,574	0,574	17
154+250	0	0,523	0,523	0,513	0,513	13,5	0,365	0,365	27
154+400	0	0,523	0,523	0,512	0,512	11,0	0,365	0,365	22

(c)

(Sumber: Hasil Analisis)

Rekapitulasi nilai *tolerable settlement* pada timbunan tanah sirtu ditunjukkan pada **Tabel 5.10**. Nilai *tolerable settlement* tersebut didapatkan dengan menggunakan Persamaan (2.23).

Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai *Tolerable Settlement* Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3

Timbunan Sirtu			
Tolerable Settlement Titik x = 0,5b m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik x = b m, β	Ket
0,005	OK	0,020	OK
0,004	OK	0,019	OK
0,004	OK	0,022	OK

(a)

Timbunan Sirtu			
Tolerable Settlement Titik $x =$ $0,5b$ m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik $x =$ b m, β	Ket
0,0030	OK	0,017	OK
0,0036	OK	0,017	OK
0,0036	OK	0,017	OK
0,0036	OK	0,017	OK
0,0042	OK	0,019	OK
0,0036	OK	0,017	OK
0,0036	OK	0,017	OK
0,0039	OK	0,018	OK
0,0039	OK	0,019	OK
0,0032	OK	0,018	OK
0,0040	OK	0,022	OK
0,0035	OK	0,019	OK

(b)

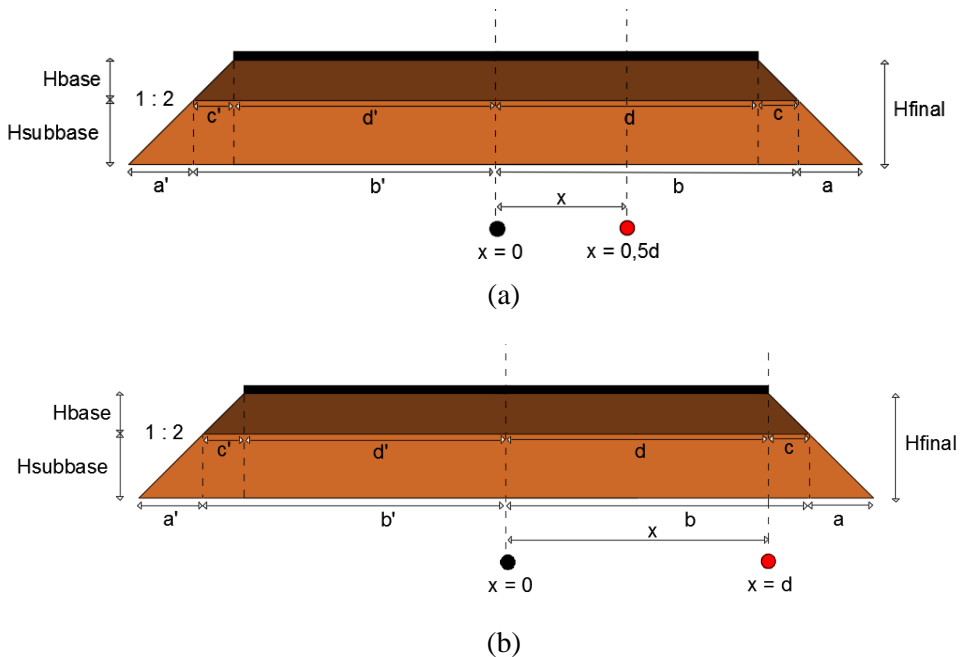
Timbunan Sirtu			
Tolerable Settlement Titik $x =$ $0,5b$ m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik $x =$ b m, β	Ket
0,0013	OK	0,010	OK
0,0008	OK	0,006	OK
0,0010	OK	0,007	OK

(c)

(Sumber: Hasil Analisis)

5.2.2 Differential Settlement Pada Timbunan Mortar Busa

Untuk perhitungan *differential settlement* pada timbunan mortar busa, perhitungan dilakukan di 2 titik selain di titik tengah timbunan ($x = 0$ m) yaitu titik $x = 0,5d$ dan titik $x = d$. Posisi kedua titik ini selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 5.7**



Gambar 5.7 Posisi Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Titik $x = 0,5d$, (b) Titik $x = d$
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.11 di bawah ini menunjukkan rekapitulasi nilai besar pemampatan di 3 (tiga) titik di bawah timbunan mortar busa. Rekapitulasi perhitungan besar pemampatan di titik $x = 0,5d$ dan $x = d$ dari STA 150+250 – STA 154+400 selengkapnya dapat dilihat di **Lampiran 3**.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Besar Pemampatan Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Mortar Busa							
		Sc (x = 0 m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc (x = 0,5d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = 0,5d	Sc (x = d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = d
150+250	0	0,249	0,249	0,233	0,233	8,0	0,135	0,135	16
150+500	0	0,290	0,290	0,281	0,281	8,5	0,168	0,168	17
150+750	0	0,725	0,725	0,568	0,568	8,5	0,419	0,419	17

(a)

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Mortar Busa							
		Sc (x = 0 m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc (x = 0,5d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = 0,5d	Sc (x = d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = d
151+000	0	0,403	0,403	0,396	0,396	10,5	0,263	0,263	21
151+250	0	0,301	0,301	0,293	0,293	9,5	0,175	0,175	19
151+500	0	0,287	0,287	0,280	0,280	9,5	0,162	0,162	19
151+750	0	0,262	0,262	0,255	0,255	9,5	0,139	0,139	19
152+000	0	0,298	0,298	0,290	0,290	8,5	0,172	0,172	17
152+250	0	0,288	0,288	0,281	0,281	9,5	0,164	0,164	19
152+500	0	0,262	0,262	0,256	0,256	9,5	0,139	0,139	19
152+750	0	0,287	0,287	0,279	0,279	9,0	0,161	0,161	18
153+000	0	0,331	0,331	0,304	0,304	9,0	0,186	0,186	18
153+250	0	0,440	0,440	0,433	0,433	10,0	0,298	0,298	20
153+500	0	0,585	0,585	0,580	0,580	8,5	0,428	0,428	17
153+800	0	0,486	0,486	0,483	0,483	9,5	0,339	0,339	19

(b)

Lokasi Jalan (STA)	Kedalaman PVD (m)	Timbunan Mortar Busa							
		Sc (x = 0 m)	Sisa Pemampatan (m)	Sc (x = 0,5d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = 0,5d	Sc (x = d m)	Sisa Pemampatan (m)	Jarak Antara x = 0 dan x = d
154+000	0	0,295	0,295	0,293	0,293	8,5	0,200	0,200	17
154+250	0	0,206	0,206	0,205	0,205	13,5	0,124	0,124	27
154+400	0	0,208	0,208	0,207	0,207	11,0	0,124	0,124	22

(c)

(Sumber: Hasil Analisis)

Rekapitulasi nilai *tolerable settlement* pada timbunan tanah mortar busa ditunjukkan pada **Tabel 5.12** di bawah ini.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai *Tolerable Settlement* Di Setiap Titik Di Bawah Timbunan Mortar Busa; (a) Data Tanah 1, (b) Data Tanah 2, (c) Data Tanah 3

Timbunan Mortar Busa			
Tolerable Settlement Titik x = 0,5d m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik x = d m, β	Ket
0,002	OK	0,007	OK
0,001	OK	0,007	OK
0,018	OK	0,018	OK

(a)

Timbunan Mortar Busa			
Tolerable Settlement Titik x = 0,5d m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik x = d m, β	Ket
0,0007	OK	0,007	OK
0,0009	OK	0,007	OK
0,0007	OK	0,007	OK
0,0008	OK	0,006	OK
0,0009	OK	0,007	OK
0,0007	OK	0,007	OK
0,0006	OK	0,006	OK
0,0008	OK	0,007	OK
0,0030	OK	0,008	OK
0,0007	OK	0,007	OK
0,0007	OK	0,009	OK
0,0004	OK	0,008	OK

(b)

Timbunan Mortar Busa			
Tolerable Settlement Titik x = 0,5d m, β	Ket	Tolerable Settlement Titik x = d m, β	Ket
0,00018	OK	0,006	OK
0,00004	OK	0,003	OK
0,00012	OK	0,004	OK

(c)

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari **Tabel 5.10** dan **Tabel 5.12** diketahui bahwa baik pada timbunan tanah sirtu maupun pada timbunan mortar busa, nilai *tolerable settlement* (β) telah kurang dari 2,5 cm sehingga dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur di atas timbunan, baik timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa aman dari kerusakan akibat *differential settlement*.

5.3 Perhitungan Waktu Pemampatan Tanah Dasar Tanpa PVD

Setelah didapatkan nilai besar pemampatan yang terjadi di bawah timbunan pada setiap STA dan nilai *differential settlement* pada perhitungan sebelumnya, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu pemampatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan total tersebut dengan menggunakan Persamaan (2.30). Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah perlu atau tidak waktu pemampatan tersebut dipercepat.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan STA 150+250 yang menggunakan data tanah 1. **Tabel 5.13** di bawah ini menunjukkan data tanah yang dibutuhkan untuk menghitung waktu pemampatan. Dari tabel tersebut, setiap lapisan memiliki nilai C_v masing – masing, sehingga digunakan nilai C_v gabungan yang dapat diketahui dengan memakai Persamaan (2.31).

Tabel 5.13 Data Tanah STA 150+250 Untuk Perhitungan Waktu Pemampatan

Depth (m)	H (m)	Cv (m ² /yr)	Cv (cm ² /s)	ysat (kN/m ³)	e	Cc	Cs
-3,00	3	3,8	0,00120	17,019	1,429	0,49157	0,10954
-6,00	3	3,9	0,00124	16,844	1,383	0,46353	0,10321
-9,00	3	2,65	0,00084	16,680	1,319	0,47327	0,11050
-12,00	3	3,18	0,00101	17,284	1,312	0,45761	0,10571
-15,00	3	4,9	0,00155	17,376	1,176	0,36629	0,08316
Cv gabungan	=	3,570271	m ² /yr				
	=	0,001132	cm ² /s				
	=	0,068471	m ² /wk				

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari **Tabel 5.13** di atas, didapatkan nilai Cv gabungan sebesar 3,570271 m²/tahun dengan tebal lapisan drainage (Hdr) sebesar 15 m. Dari nilai Cv gabungan tersebut, dapat dicari besar pemampatan yang terjadi dengan cara menghitung *rate of settlement*. *rate of settlement* adalah perhitungan untuk menentukan besar pemampatan yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan *rate of settlement* dilakukan sesuai dengan Persamaan (2.30).

Perhitungan *rate of settlement* untuk timbunan tanah sirtu pada STA 150+250 dapat dilihat pada **Tabel 5.14**, sedangkan *rate of settlement* untuk timbunan mortar busa pada STA yang sama dapat dilihat **Tabel 5.15**. Untuk mencari nilai faktor waktu (Tv) dapat digunakan Persamaan (2.28) dan (2.29).

Tabel 5.14 *Rate Of Settlement* Di Bawah
Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250

Derajat Konsolidasi U (%)	Faktor Waktu Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7,85398E-05	0,00495	0,008228
2	0,000314159	0,019798	0,016456
3	0,000706858	0,044547	0,024684
4	0,001256637	0,079194	0,032912
5	0,001963495	0,12374	0,04114
10	0,007853982	0,494961	0,08228
15	0,017671459	1,113663	0,12342
20	0,031415927	1,979845	0,16456
25	0,049087385	3,093508	0,2057
30	0,070685835	4,454651	0,24684
35	0,096211275	6,063275	0,28798
40	0,125663706	7,91938	0,32912
45	0,159043128	10,02296	0,37026
50	0,196349541	12,37403	0,4114
55	0,237582944	14,97258	0,45254
60	0,282743339	17,8186	0,49368
65	0,340384515	21,45118	0,53482
70	0,402845869	25,38752	0,57596
75	0,476721972	30,04322	0,6171
80	0,567139014	35,74134	0,65824
85	0,683706855	43,08749	0,69938
90	0,848	53,44132	0,74052
95	1,128860986	71,14129	0,78166
100			0,8228

(Sumber : Hasil Analisis)

Tabel 5.15 *Rate Of Settlement* Di Bawah
Timbunan Mortar Busa STA 150+250

Derajat Konsolidasi U (%)	Faktor Waktu Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7,85398E-05	0,00495	0,002486
2	0,000314159	0,019798	0,004972
3	0,000706858	0,044547	0,007458
4	0,001256637	0,079194	0,009944
5	0,001963495	0,12374	0,01243
10	0,007853982	0,494961	0,02486
15	0,017671459	1,113663	0,03729
20	0,031415927	1,979845	0,04972
25	0,049087385	3,093508	0,06215
30	0,070685835	4,454651	0,07458
35	0,096211275	6,063275	0,08701
40	0,125663706	7,91938	0,09944
45	0,159043128	10,02296	0,11187
50	0,196349541	12,37403	0,1243
55	0,237582944	14,97258	0,13673
60	0,282743339	17,8186	0,14916
65	0,340384515	21,45118	0,16159
70	0,402845869	25,38752	0,17402
75	0,476721972	30,04322	0,18645
80	0,567139014	35,74134	0,19888
85	0,683706855	43,08749	0,21131
90	0,848	53,44132	0,22374
95	1,128860986	71,14129	0,23617
100			0,2486

(Sumber : Hasil Analisis)

Dari hasil perhitungan tersebut, pada derajat konsolidasi U mencapai 90%, waktu pemampatan membutuhkan waktu selama 53,44132 ~ 54 tahun.

Waktu pemampatan yang lama juga terjadi pada data tanah 2 yaitu selama 99,9327 ~ 100 tahun dan pada data tanah 3 yaitu selama 8,6105 ~ 9 tahun. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan PVD untuk mempercepat lama waktu pemampatan yang terjadi. Perhitungan waktu pemampatan / *rate of settlement* baik untuk timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa pada setiap STA selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.4 Perhitungan *Overlay* dan Penentuan Lama Waktu *Overlay*

Apabila perencanaan timbunan jalan pada STA 150+250 – STA 154+400 tidak menggunakan PVD, maka perhitungan *overlay* harus dilakukan.

Overlay (levelling) pada timbunan, baik timbunan material tanah sirtu maupun mortar busa dilakukan agar timbunan yang turun akibat mengalami pemampatan tanah dasar tetap memenuhi elevasi yang telah direncanakan.

Dalam Tugas Akhir ini, besar *overlay* yang akan dilakukan setinggi 25 cm. *Overlay* dilakukan pada tiap kurun waktu tahun tertentu ketika tanah dasarnya telah mampat sebesar 25 cm. Dari nilai *rate of settlement*, dapat diketahui waktu (dalam satuan tahun) kapan diperlukannya *overlay*.

Tabel 5.16 dan **Gambar 5.8** menunjukkan hasil perhitungan *rate of settlement* tanah dasar di bawah timbunan tanah sirtu pada STA 154+000, sedangkan **Tabel 5.17** dan **Gambar 5.9** menunjukkan hasil perhitungan *rate of settlement* tanah dasar di bawah timbunan mortar busa pada STA yang sama.

Tabel 5.16 *Rate Of Settlement* Di Bawah
Timbunan Tanah Sirtu STA 154+000

Derajat Konsolidasi U (%)	Faktor Waktu Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7,854E-05	0,0008	0,0073
2	0,0003	0,0032	0,0145
3	0,0007	0,0072	0,0218
4	0,0013	0,0128	0,0291
5	0,0020	0,0199	0,0364
10	0,0079	0,0797	0,0727
15	0,0177	0,1794	0,1091
20	0,0314	0,3190	0,1455
25	0,0491	0,4984	0,1818
30	0,0707	0,7177	0,2182
35	0,0962	0,9769	0,2546
40	0,1257	1,2760	0,2909
45	0,1590	1,6149	0,3273
50	0,1963	1,9937	0,3637
55	0,2376	2,4124	0,4000
60	0,2827	2,8709	0,4364
65	0,3404	3,4562	0,4727
70	0,4028	4,0904	0,5091
75	0,4767	4,8406	0,5455
80	0,5671	5,7587	0,5818
85	0,6837	6,9423	0,6182
90	0,848	8,6105	0,6546
95	1,1289	11,4623	0,6909
100			0,7273

(Sumber : Hasil Analisis)



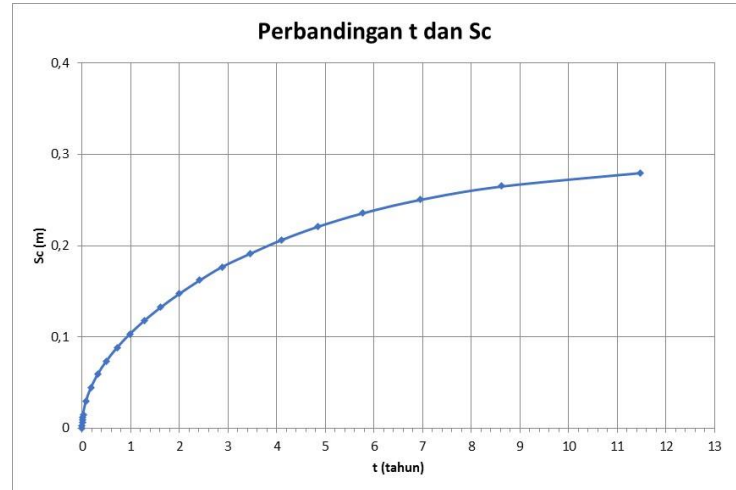
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Waktu Pemampatan (t) Dan
Besar Pemampatan (Sc) Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu
STA 154+000

(Sumber : Hasil Analisis)

**Tabel 5.17 Rate Of Settlement Di Bawah
Timbunan Mortar Busa STA 154+000**

Derajat Konsolidasi U (%)	Faktor Waktu Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7,854E-05	0,0008	0,0029
2	0,0003	0,0032	0,0059
3	0,0007	0,0072	0,0088
4	0,0013	0,0128	0,0118
5	0,0020	0,0199	0,0147
10	0,0079	0,0797	0,0295
15	0,0177	0,1794	0,0442
20	0,0314	0,3190	0,0589
25	0,0491	0,4984	0,0737
30	0,0707	0,7177	0,0884
35	0,0962	0,9769	0,1031
40	0,1257	1,2760	0,1179
45	0,1590	1,6149	0,1326
50	0,1963	1,9937	0,1474
55	0,2376	2,4124	0,1621
60	0,2827	2,8709	0,1768
65	0,3404	3,4562	0,1916
70	0,4028	4,0904	0,2063
75	0,4767	4,8406	0,2210
80	0,5671	5,7587	0,2358
85	0,6837	6,9423	0,2505
90	0,848	8,6105	0,2652
95	1,1289	11,4623	0,2800
100			0,2947

(Sumber : Hasil Analisis)



**Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Waktu Pemampatan (t) Dan
Besarnya Pemampatan (Sc) Di Bawah Timbunan Mortar Busa
STA 154+000**

(Sumber : Hasil Analisis)

Dari data – data di atas, dapat diketahui pada tahun ke berapa *overlay* dapat dilaksanakan. Perhitungannya memakai rumus interpolasi seperti berikut ini.

Timbunan Tanah Sirtu STA 154+000 :

T : 25 cm \rightarrow 0,25 m

1) *Overlay* 25 cm pertama

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{T - Sc_1}{Sc_2 - Sc_1} \right) \times (t_2 - t_1) \right) + t_1 \\
 &= \left(\left(\frac{0,25 - 0,2182}{0,2546 - 0,2182} \right) \times (0,9769 - 0,7177) \right) + 0,7177 \\
 &= 0,94445 \sim 1 \rightarrow \text{tahun ke-1}
 \end{aligned}$$

2) *Overlay* 25 cm kedua

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{T - Sc_1}{Sc_2 - Sc_1} \right) \times (t_2 - t_1) \right) + t_1 \\
 &= \left(\left(\frac{0,5 - 0,4727}{0,5091 - 0,4727} \right) \times (4,0904 - 3,4562) \right) + 3,4562 \\
 &= 3,9315 \sim 4 \rightarrow \text{tahun ke-4}
 \end{aligned}$$

Timbunan Mortar Busa STA 154+000 :

T : 25 cm \rightarrow 0,25 m

1) *Overlay* 25 cm pertama

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{T - Sc_1}{Sc_2 - Sc_1} \right) \times (t_2 - t_1) \right) + t_1 \\
 &= \left(\left(\frac{0,25 - 0,2358}{0,2505 - 0,2358} \right) \times (6,9423 - 5,7587) \right) + 5,7587 \\
 &= 6,90251 \sim 7 \rightarrow \text{tahun ke-7}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi waktu *overlay* pada timbunan tanah sirtu selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 5.18**, sedangkan waktu *overlay* pada timbunan mortar busa selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 5.19**.

Dari kedua tabel tersebut, dapat diketahui bahwa timbunan yang memakai material tanah sirtu memerlukan waktu *overlay* yang lebih cepat daripada timbunan material mortar busa. hal ini karena pada derajat konsolidasi dan faktor waktu T_v yang sama, timbunan tanah sirtu mengalami pemampatan yang lebih besar sehingga waktu diperlukannya *overlay* pun menjadi lebih cepat.

Kemudian dari semua STA yang ada, timbunan tanah sirtu juga memerlukan maksimal 5 (lima) kali pelaksanaan *overlay* daripada timbunan mortar busa yang hanya memerlukan maksimal 2 (dua) kali pelaksanaan *overlay*.

Jadi, kesimpulan yang bisa didapatkan dari perbandingan ini adalah waktu pelaksanaan *overlay* pada timbunan tanah sirtu lebih cepat dan jumlah pelaksanaannya juga lebih banyak diperlukan daripada timbunan mortar busa.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Waktu Pelaksanaan *Overlay* Timbunan Tanah Sirtu
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Overlay 25 cm pertama tahun ke-	Overlay 25 cm kedua tahun ke-	Overlay 25 cm ketiga tahun ke-	Overlay 25 cm keempat tahun ke-	Overlay 25 cm kelima tahun ke-				
150+250	5	18							
150+500	5	19							
150+750	1	6	13	23	42				
151+000	4	17	38	79					
151+250	8	41							
151+500	7	28				73			
151+750	8	32	95						
152+000	9	34							
152+250	7	28	73						
152+500	8	32	95						
152+750	7	28	74						
153+000	6	22	53						
153+250	4	15	33	66					
153+500	3	10	23	42	75				
153+800	3	13	29	55					
154+000	1	4							
154+250	2								
154+400	2								

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.19 Rekapitulasi Waktu Pelaksanaan *Overlay* Timbunan Mortar Busa
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Overlay 25 cm pertama tahun ke-	Overlay 25 cm kedua tahun ke-	Overlay 25 cm ketiga tahun ke-	Overlay 25 cm keempat tahun ke-	Overlay 25 cm kelima tahun ke-
150+250					
150+500	45				
150+750	6	25			
151+000	36				
151+250	75				
151+500	89				
151+750					
152+000	78				
152+250	88				
152+500					
152+750	89				
153+000	68				
153+250	29				
153+500	17	82			
153+800	25				
154+000	7				
154+250					
154+400					

(Sumber: Hasil Analisis)

5.5 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan Penimbunan Bertahap

Perencanaan PVD dilakukan dengan 2 (dua) tujuan : untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi dan meningkatkan daya dukung tanah. PVD rencananya akan dipasang sesuai dengan kedalaman tanah lunak pada masing – masing data tanah (PVD kedalaman penuh). Pilihan pola pemasangan PVD adalah pola segitiga dan pola segiempat dengan variasi jarak antar titik PVD yaitu 0,9 m; 1 m; 1,1 m; 1,2 m; 1,3 m; 1,4 m; dan 1,5 m. Adanya Variasi pola dan jarak ini dilakukan untuk mendapatkan metode pemasangan PVD yang paling efektif dan efisien dari aspek biaya dan pelaksanaan di lapangan.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan perencanaan PVD pada STA 150+250 di bawah timbunan tanah sirtu dan mortar busa

5.5.1 Perencanaan PVD Pola Segitiga

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan PVD dengan pola segitiga dengan jarak antar PVD adalah 1 m untuk timbunan pada STA 150+250.

1. Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (U_v)

Sebelum mendapatkan nilai U_v , terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai T_v dengan memakai Persamaan (2.30). Selanjutnya dengan memakai Persamaan (2.25), didapatkan nilai U_v .

Pada Minggu ke-1 ($t = 1$) dengan $S = 1$ m :

$H_{dr} = 15$ m

$C_v = 0,068471$ m²/minggu

$$T_v = \frac{t \times C_v}{H d r^2}$$

$$= \frac{1 \times 0,068471}{15^2} = 0,0003043$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,0003043}{\pi}} = 0,0197$$

2. Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (U_h)

Perhitungan U_h memakai Persamaan (2.33). Namun, dalam perhitungannya, dibutuhkan parameter lain seperti yang telah ditunjukkan pada **Tabel 5.20** di bawah ini

Tabel 5.20 Perhitungan Nilai Faktor Hambatan PVD untuk PVD Pola Segitiga

S (m)	D (cm)	a (cm)	b (cm)	Dw (cm)	n	F(n)
0,9	94,5	10	0,4	6,6208	14,2731	1,9166
1	105	10	0,4	6,6208	15,8590	2,0208
1,1	115,5	10	0,4	6,6208	17,4449	2,1152
1,2	126	10	0,4	6,6208	19,0308	2,2014
1,3	136,5	10	0,4	6,6208	20,6167	2,2809
1,4	147	10	0,4	6,6208	22,2026	2,3545
1,5	157,5	10	0,4	6,6208	23,7885	2,4230

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan untuk mendapatkan nilai U_h adalah sebagai berikut :

$$Ch = 3 \times C_v = 0,205413 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Tebal PVD (a) = 10 cm → Dari Subsub-Subbab 4.2.2.2

Lebar PVD (b) = 0,4 cm → Dari Subsub-Subbab 4.2.2.2

$$Dw = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

$$= \frac{2(10+0,4)}{\pi} = 6,6208 \text{ cm}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1,05 \times 1 \times 100 = 105 \text{ cm}$$

$$n = \frac{D}{D_w} = \frac{105}{6,6208} = 15,859$$

$$\begin{aligned} F(n) &= \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \\ &= \left(\frac{15,859^2}{15,859^2 - 1^2} \right) \left[\ln(15,859) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4(15,859)^2} \right) \right] \\ &= 2,0208 \end{aligned}$$

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right]}} \right]$$

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{1 \times 8 \times 0,205413}{105^2 \times 2 \times 2,0208} \right]}} \right] = 0,3084$$

3. Perhitungan Derajat Konsolidasi Total (U_{total})

Setelah mendapatkan nilai U_v dan U_h , maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai U_{total} dengan memakai Persamaan (2.42) sebagai berikut :

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}_h) \cdot (1 - \bar{U}_v)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = [1 - (1 - 0,3084) \cdot (1 - 0,0197)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = 32,205 \%$$

5.5.2 Perencanaan PVD Pola Segiempat

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan PVD dengan pola segiempat dengan jarak antar PVD adalah 1 m untuk timbunan pada STA 150+250.

1. Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (U_v)

Pada Minggu ke-1 ($t = 1$) dengan $S = 1$ m :

$H_{dr} = 15$ m

$C_v = 0,068471$ m²/minggu

$$T_v = \frac{t \times C_v}{H_{dr}^2}$$

$$= \frac{1 \times 0,068471}{15^2} = 0,0003043$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,0003043}{\pi}} = 0,0197$$

2. Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (U_h)

Tabel 5.21 Perhitungan Nilai Faktor Hambatan PVD untuk PVD Pola Segiempat

S (m)	D (cm)	a (cm)	b (cm)	Dw (cm)	n	F(n)
0,9	101,7	10	0,4	6,6208	15,3606	1,9892
1	113	10	0,4	6,6208	17,0673	2,0935
1,1	124,3	10	0,4	6,6208	18,7740	2,1880
1,2	135,6	10	0,4	6,6208	20,4808	2,2743
1,3	146,9	10	0,4	6,6208	22,1875	2,3538
1,4	158,2	10	0,4	6,6208	23,8942	2,4275
1,5	169,5	10	0,4	6,6208	25,6010	2,4961

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan untuk mendapatkan nilai U_h adalah sebagai berikut :

$Ch = 3 \times C_v = 0,205413$ m²/minggu

Tebal PVD (a) = 10 cm → Dari Subsub-Subbab 4.2.2.2

Lebar PVD (b) = 0,4 cm → Dari Subsub-Subbab 4.2.2.2

$$Dw = \frac{2(a+b)}{\pi}$$

$$= \frac{2(10+0,4)}{\pi} = 6,6208 \text{ cm}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$D = 1,13 \times 1 \times 100 = 113 \text{ cm}$$

$$n = \frac{D}{D_w} = \frac{113}{6,6208} = 17,067$$

$$\begin{aligned} F(n) &= \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \\ &= \left(\frac{17,067^2}{17,067^2 - 1^2} \right) \left[\ln(17,067) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4(17,067)^2} \right) \right] \\ &= 2,0935 \end{aligned}$$

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right]}} \right]$$

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{1 \times 8 \times 0,205413}{113^2 \times 2 \times 2,0935} \right]}} \right] = 0,2646$$

3. Perhitungan Derajat Konsolidasi Total (U_{total})

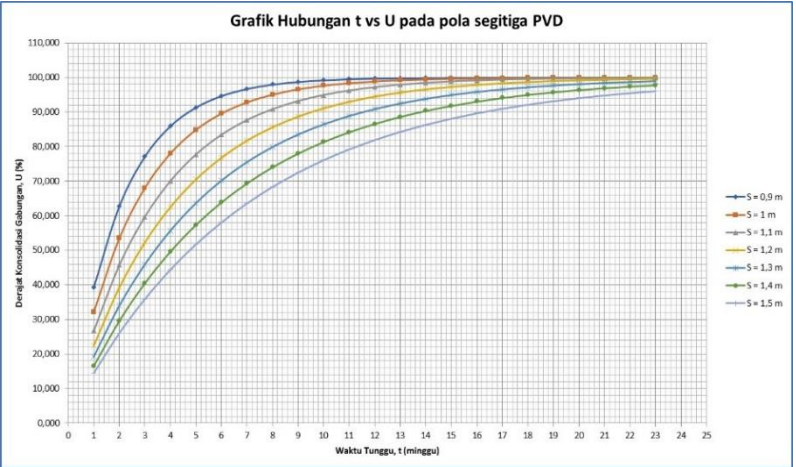
$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}_h) \cdot (1 - \bar{U}_v)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = [1 - (1 - 0,2646) \cdot (1 - 0,0197)] \times 100\%$$

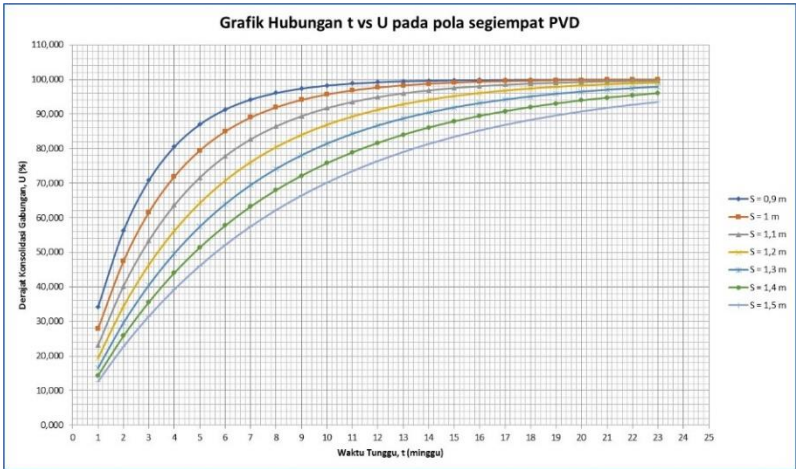
$$\bar{U} = 27,910 \%$$

Rekapitulasi seluruh perhitungan perencanaan PVD dengan pola segitiga dan segiempat dengan variasi jarak antar titik PVD untuk timbunan tanah sirtu dan mortar busa tiap STA selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Kemudian dari hasil perhitungan seperti yang ditunjukkan di atas, dapat dihasilkan grafik hubungan antara U dan waktu (t) yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi minimal 90%. Grafik hubungan untuk PVD pola segitiga ditunjukkan oleh **Gambar 5.10**, sedangkan untuk PVD pola segiempat ditunjukkan oleh **Gambar 5.11**.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu (t) Pada PVD Pola Segitiga (Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu (t) Pada PVD Pola Segiempat (Sumber: Hasil Analisis)

Dari grafik antara **Gambar 5.10** dan **Gambar 5.11** tersebut, maka untuk timbunan tanah tirtu dipilih perencanaan PVD dengan pola pemasangan segitiga dengan jarak 1 m dengan derajat konsolidasi (U) sebesar 92,83% yang mampu dicapai dalam waktu 7 minggu, sedangkan untuk timbunan mortar busa dipilih perencanaan PVD dengan pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,1 m dengan derajat konsolidasi (U) sebesar 90,8% yang mampu dicapai dalam waktu 8 minggu. Rekapitulasi data pemasangan pola PVD dengan variasi jarak dan lama waktu PVD di bawah timbunan tanah sirtu maupun mortar busa pada setiap STA selengkapnya akan ditampilkan pada **Tabel 5.30**.

Selain perencanaan PVD, dilakukan pula perencanaan metode penimbunan secara bertahap. Pelaksanaan penimbunan bertahap di lapangan dilakukan dengan kecepatan penimbunan sebesar maksimal 50 cm / minggu. Dengan nilai $H_{initial}$ yang didapatkan dari perhitungan pada Subbab 5.1, maka jumlah tahapan dan lama waktu penimbunan pada setiap STA juga berbeda baik yang memakai timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa.

5.5.3 Perhitungan Distribusi Tegangan Akibat Timbunan

Bertahap

Menghitung distribusi tegangan akibat penimbunan bertahap pada tiap lapisan tanah harus disesuaikan dengan kecepatan penimbunan yang telah direncanakan dan jumlah tahapan penimbunannya. Khusus untuk perencanaan yang memakai timbunan dengan material mortar busa, maka harus diperhatikan pada tahap penimbunan ke – berapa timbunan tersebut termasuk subbase atau base.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan distribusi tegangan akibat penimbunan tahap pertama pada lapisan ke-1 di STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Tanah Sirtu :

$$H_{\text{timb-Tahap1}} = 0,5 \text{ m}$$

$$a = 2 \times H_{\text{timb}}$$

$$= 2 \times 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$b = 21,6 \text{ m}$$

$$Z_i = 0,5 \text{ m}$$

$$q_o = 0,5 \times 18,5 = 9,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(a+b)}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(1+21,6)}{0,5} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{21,6}{0,5} \right) = 0,06$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{21,6}{0,5} \right) = 88,68$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_o}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{9,25}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(1+21,6)}{1} \right) \right\} (0,06 + 88,68) - \frac{21,6}{1} \times 88,68 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 4,625 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 2 \times 4,625 \text{ kN/m}^2$$

$$= 9,25 \text{ kN/m}^2$$

Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Mortar Busa :

$$H_{\text{timb-Tahap1}} = 0,5 \text{ m}$$

$$a = 2 \times H_{\text{timb}}$$

$$= 2 \times 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$b = 22 \text{ m}$$

$$Z_i = 0,5 \text{ m}$$

$$q_o = 0,5 \times 6 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(a+b)}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right) \\ &= \tan^{-1} \left\{ \left(\frac{(1+22)}{0,5} \right) \right\} - \tan^{-1} \left(\frac{22}{0,5} \right) = 0,06\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{b}{z} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{22}{0,5} \right) = 88,7\end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_o}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{3}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(1+22)}{1} \right) \right\} (0,06 + 88,7) - \frac{22}{1} x 88,7 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}\Delta p &= 2 \times 1,5 \text{ kN/m}^2 \\ &= 3 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas, untuk mencari distribusi tegangan akibat timbunan secara keseluruhan dikali 2 sehingga untuk timbunan tanah sirtu nilainya sebesar 9,25 kN/m² dan untuk timbunan mortar busa nilainya sebesar 3 kN/m². Perhitungan distribusi tegangan akibat penimbunan bertahap selengkapanya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.5.4 Perhitungan Tegangan Di Setiap Lapisan Tanah Pada

Derajat Konsolidasi (U) = 100%

Setelah menghitung nilai distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah, maka dapat dihitung perubahan tegangan yang terjadi pada tiap lapisan tanah dengan memakai persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_1' = P_o + \Delta P_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta P_2$$

$$\sigma_3' = \sigma_2' + \Delta P_3$$

$$\sigma_n' = \sigma_{n-1}' + \Delta P_n$$

Keterangan :

P_o = Tegangan *overburden* efektif

σ_n' = Tegangan yang terjadi pada lapisan ke – n

σ_{n-1}' = Tegangan yang terjadi pada lapisan sebelumnya
(n – 1)

ΔP_n = Distribusi Tegangan akibat penimbunan tahap
ke – n

Nilai dari tegangan ini nantinya akan dipakai untuk perhitungan pemampatan tanah akibat penimbunan bertahap. **Tabel 5.22** merupakan hasil perhitungan perubahan tegangan tiap lapisan tanah pada $U = 100\%$ pada timbunan tanah sirtu STA 150+250 dan **Tabel 5.23** merupakan hasil perhitungan perubahan tegangan tiap lapisan tanah pada $U = 100\%$ pada timbunan mortar busa STA yang sama. Hasil perhitungan tegangan selengkapanya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Tabel 5.22 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah
Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 Pada Derajat
Konsolidasi, $U = 100\%$

Kedalaman (m)	Hi (m)	z (m)	Po' (kN/m ²)	σ_1' (kN/m ²)	σ_2' (kN/m ²)	σ_3' (kN/m ²)	σ_4' (kN/m ²)	σ_5' (kN/m ²)	σ_6' (kN/m ²)	σ_7' (kN/m ²)
			H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m	H = 3,3 m
1	1	0,5	3,510	12,759	22,009	31,257	40,503	49,743	58,973	64,499
2	1	1,5	10,529	19,777	29,024	38,267	47,502	56,725	65,928	71,430
3	1	2,5	17,548	26,792	36,031	45,261	54,477	63,671	72,832	78,298
4	1	3,5	24,479	33,714	42,938	52,147	61,332	70,484	79,587	85,004
5	1	4,5	31,323	40,542	49,743	58,919	68,061	77,155	86,182	91,539
6	1	5,5	38,167	47,361	56,529	65,662	74,746	83,766	92,701	97,987
7	1	6,5	44,929	54,089	63,213	72,289	81,303	90,234	99,060	104,265
8	1	7,5	51,609	60,725	69,794	78,801	87,730	96,558	105,260	110,375
9	1	8,5	58,289	67,350	76,352	85,279	94,110	102,822	111,388	116,405
10	1	9,5	65,271	74,268	83,192	92,025	100,747	109,331	117,750	122,665
11	1	10,5	72,555	81,477	90,312	99,042	107,644	116,091	124,354	129,163
12	1	11,5	79,839	88,676	97,413	106,030	114,503	122,804	130,905	135,605
13	1	12,5	87,169	95,913	104,543	113,038	121,374	129,524	137,457	142,047
14	1	13,5	94,545	103,187	111,703	120,070	128,263	136,256	144,019	148,498
15	1	14,5	101,921	110,455	118,849	127,082	135,128	142,961	150,553	154,921

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.23 Perhitungan Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah
Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 150+250 Pada Derajat
Konsolidasi, $U = 100\%$

Kedalaman (m)	Hi (m)	z (m)	Po' (kN/m ²)	σ_1' (kN/m ²)	σ_2' (kN/m ²)	σ_3' (kN/m ²)	σ_4' (kN/m ²)	σ_5' (kN/m ²)	σ_6' (kN/m ²)	σ_7' (kN/m ²)	σ_8' (kN/m ²)
			H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 1,9 m	H = 2,4 m	H = 2,9 m	H = 3,2 m	H = 3,5 m
1	1	0,5	3,510	6,509	9,509	12,509	14,908	18,904	22,897	25,288	27,675
2	1	1,5	10,529	13,528	16,527	19,525	21,921	25,911	29,894	32,275	34,649
3	1	2,5	17,548	20,546	23,542	26,536	28,928	32,907	36,873	39,240	41,596
4	1	3,5	24,479	27,474	30,467	33,454	35,838	39,800	43,743	46,091	48,423
5	1	4,5	31,323	34,313	37,298	40,276	42,649	46,588	50,501	52,826	55,128
6	1	5,5	38,167	41,150	44,125	47,089	49,448	53,357	57,233	59,529	61,796
7	1	6,5	44,929	47,901	50,863	53,809	56,150	60,024	63,856	66,119	68,348
8	1	7,5	51,609	54,568	57,512	60,437	62,757	66,589	70,371	72,597	74,784
9	1	8,5	58,289	61,231	64,154	67,055	69,350	73,135	76,861	79,047	81,188
10	1	9,5	65,271	68,193	71,092	73,964	76,232	79,964	83,629	85,773	87,867
11	1	10,5	72,555	75,453	78,325	81,165	83,403	87,078	90,679	92,779	94,824
12	1	11,5	79,839	82,711	85,552	88,356	90,562	94,177	97,710	99,765	101,761
13	1	12,5	87,169	90,012	92,820	95,586	97,757	101,309	104,773	106,781	108,727
14	1	13,5	94,545	97,356	100,128	102,854	104,989	108,476	111,868	113,829	115,726
15	1	14,5	101,921	104,698	107,432	110,116	112,214	115,633	118,953	120,868	122,715

(Sumber: Hasil Analisis)

5.5.5 Perhitungan Tegangan Di Setiap Lapisan Tanah Pada Derajat Konsolidasi (U) < 100%

Perhitungan tegangan untuk derajat konsolidasi $U < 100\%$ dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan nilai C_u baru. Sebagai akibat dari terjadinya konsolidasi tanah, maka lapisan tanah dasar menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat dari kenaikan harga C_u . Apabila proses peletakan timbunan dilakukan secara bertahap, maka daya dukung tanah juga akan meningkat secara bertahap.

Perhitungan dilakukan dengan memakai Persamaan pada **Tabel 2.5**. Nilai U_v yang akan digunakan disesuaikan dengan jumlah pentahapan penimbunan. Perubahan tegangan yang terjadi di tiap lapisan tanah merupakan total dari penjumlahan seluruh perubahan tegangan akibat timbunan bertahap ($\Sigma \sigma'$).

Tabel 5.24 merupakan hasil perhitungan perubahan tegangan tiap lapisan tanah dengan $U < 100\%$ pada timbunan tanah sirtu STA 150+250 dan **Tabel 5.25** merupakan hasil perhitungan perubahan tegangan tiap lapisan tanah dengan $U < 100\%$ pada timbunan mortar busa STA yang sama. Hasil perhitungan tegangan selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Tabel 5.24 Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah
Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 Pada $U < 100\%$

Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma \sigma'$
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m	H = 3,3 m	
Umur Timbunan		7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
U		0,05208	0,04822	0,04402	0,03937	0,03409	0,02784	0,01968	
1	3,5095	0,2440	0,3398	0,3425	0,3205	0,2848	0,2362	0,1041	5,3814
2	10,5285	0,3514	0,3692	0,3553	0,3271	0,2882	0,2379	0,1041	12,5618
3	17,5475	0,3910	0,3855	0,3635	0,3314	0,2904	0,2387	0,1038	19,6519
4	24,4790	0,4115	0,3955	0,3688	0,3341	0,2915	0,2387	0,1032	26,6223
5	31,3230	0,4237	0,4018	0,3721	0,3355	0,2916	0,2380	0,1024	33,4881
6	38,1670	0,4314	0,4058	0,3739	0,3358	0,2909	0,2367	0,1012	40,3427
7	44,9290	0,4363	0,4081	0,3744	0,3352	0,2894	0,2347	0,0999	47,1069
8	51,6090	0,4390	0,4089	0,3739	0,3337	0,2873	0,2322	0,0984	53,7824
9	58,2890	0,4403	0,4086	0,3725	0,3315	0,2845	0,2293	0,0967	60,4523
10	65,2710	0,4404	0,4074	0,3703	0,3286	0,2813	0,2260	0,0948	67,4199
11	72,5550	0,4395	0,4055	0,3675	0,3253	0,2776	0,2224	0,0929	74,6857
12	79,8390	0,4377	0,4027	0,3641	0,3214	0,2736	0,2186	0,0909	81,9479
13	87,1690	0,4350	0,3993	0,3601	0,3171	0,2692	0,2145	0,0889	89,2532
14	94,5450	0,4317	0,3953	0,3557	0,3124	0,2646	0,2103	0,0868	96,6019
15	101,9210	0,4277	0,3908	0,3509	0,3075	0,2599	0,2061	0,0848	103,9486

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.25 Perubahan Tegangan Tiap Lapisan Tanah Di Bawah
Timbunan Mortar Busa STA 150+250 Pada $U < 100\%$

Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Sigma \sigma'$
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 1,9 m	H = 2,4 m	H = 2,9 m	H = 3,2 m	H = 3,5 m	
Umur Timbunan		8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
U		0,05568	0,05208	0,04822	0,04402	0,03937	0,03409	0,02784	0,01968	
1	3,5095	0,1228	0,1298	0,1265	0,0970	0,1400	0,1239	0,0634	0,0449	4,3579
2	10,5285	0,1480	0,1418	0,1334	0,0997	0,1448	0,1266	0,0639	0,0451	11,4318
3	17,5475	0,1548	0,1462	0,1363	0,1010	0,1471	0,1279	0,0639	0,0451	18,4698
4	24,4790	0,1578	0,1483	0,1377	0,1015	0,1482	0,1284	0,0637	0,0448	25,4095
5	31,3230	0,1594	0,1494	0,1384	0,1016	0,1486	0,1283	0,0633	0,0444	32,2563
6	38,1670	0,1602	0,1499	0,1385	0,1014	0,1484	0,1277	0,0627	0,0438	39,0996
7	44,9290	0,1605	0,1499	0,1383	0,1010	0,1477	0,1268	0,0619	0,0432	45,8582
8	51,6090	0,1604	0,1495	0,1377	0,1003	0,1466	0,1255	0,0610	0,0424	52,5326
9	58,2890	0,1600	0,1489	0,1369	0,0994	0,1452	0,1240	0,0600	0,0416	59,2051
10	65,2710	0,1593	0,1480	0,1359	0,0984	0,1436	0,1223	0,0590	0,0407	66,1782
11	72,5550	0,1584	0,1469	0,1346	0,0972	0,1417	0,1204	0,0578	0,0398	73,4519
12	79,8390	0,1573	0,1456	0,1331	0,0959	0,1397	0,1183	0,0566	0,0389	80,7245
13	87,1690	0,1559	0,1441	0,1315	0,0945	0,1375	0,1162	0,0554	0,0380	88,0421
14	94,5450	0,1544	0,1425	0,1298	0,0931	0,1351	0,1139	0,0541	0,0370	95,4049
15	101,9210	0,1527	0,1406	0,1279	0,0915	0,1327	0,1116	0,0529	0,0361	102,7670

(Sumber: Hasil Analisis)

5.5.6 Perhitungan Kenaikan Harga Cu

Perhitungan nilai Cu baru (Cu yang telah meningkat akibat penggunaan PVD dan penimbunan bertahap) menggunakan Persamaan (2.43) karena dari ketiga data tanah tersebut, nilai *Plasticity Index* (PI) kurang dari 120%. Kenaikan harga Cu tersebut memperhatikan nilai dari perubahan tegangan akibat derajat konsolidasi $U < 100\%$. Namun, karena pemampatan tanah yang terjadi terkadang belum mencapai 100%, maka nilai Cu pada tiap lapisan tanah tidak semuanya mengalami peningkatan.

Tabel di bawah ini merupakan contoh hasil perhitungan kenaikan harga Cu pada STA 150+250 yang memakai timbunan dengan material tanah sirtu dan mortar busa. Hasil perhitungan Cu selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Tabel 5.26 Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Tanah Dasar Di Bawah Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama (kN/m ²)	Cu Baru (kN/m ²)	Cu' Baru (kN/m ²)	Cu rata-rata (kN/m ²)
1	27,86	51,27	15,18	10,12	17,03
2	27,86	51,27	25,59	17,06	
3	27,86	51,27	35,87	23,92	
4	27,19	48,43	46,27	30,85	37,53
5	27,19	48,43	56,30	37,54	
6	27,19	48,43	66,32	44,21	
7	30,18	57,26	73,94	49,29	55,58
8	30,18	57,26	83,37	55,58	
9	30,18	57,26	92,80	61,86	
10	30,16	69,85	102,66	68,44	75,287
11	30,16	69,85	112,93	75,29	
12	30,16	69,85	123,20	82,13	
13	21,33	72,44	146,21	97,47	105,09
14	21,33	72,44	157,64	105,10	
15	21,33	72,44	169,07	112,71	

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.27 Perhitungan Kenaikan Nilai Cu Tanah Dasar Di Bawah Timbunan Mortar Busa STA 150+250

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama (kN/m ²)	Cu Baru (kN/m ²)	Cu' Baru (kN/m ²)	Cu rata-rata (kN/m ²)
1	27,86	51,27	13,69	9,13	15,96
2	27,86	51,27	23,95	15,97	
3	27,86	51,27	34,16	22,77	
4	27,19	48,43	44,50	29,67	36,34
5	27,19	48,43	54,50	36,34	
6	27,19	48,43	64,50	43,00	
7	30,18	57,26	72,17	48,11	54,40
8	30,18	57,26	81,60	54,40	
9	30,18	57,26	91,03	60,69	
10	30,16	69,85	100,91	67,27	74,125
11	30,16	69,85	111,19	74,13	
12	30,16	69,85	121,47	80,98	
13	21,33	72,44	144,33	96,22	103,85
14	21,33	72,44	155,78	103,85	
15	21,33	72,44	167,23	111,49	

(Sumber: Hasil Analisis)

5.5.7 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat

Penimbunan Bertahap

Pemampatan akibat penimbunan bertahap dihitung dengan memakai Persamaan (2.46) sampai dengan Persamaan (2.48). Kemudian dari nilai rekap pemampatan akibat penimbunan bertahap serta nilai derajat konsolidasi dari PVD yang dipilih, akan didapatkan grafik hubungan antara lama waktu pentahapan dan nilai pemampatan yang terjadi.

Besar pemampatan yang terjadi akibat penimbunan bertahap serta adanya penggunaan PVD memiliki nilai yang hampir sama atau lebih kecil dibandingkan pada perhitungan pemampatan akibat penimbunan langsung (Subbab 5.1). Besar pemampatan

yang lebih kecil terjadi karena tanah dasar menjadi lebih padat sehingga daya dukung tanah juga meningkat.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan tanah akibat penimbunan tahap pertama pada lapisan ke-1 di STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Tanah Sirtu :

$$C_c = 0,4916$$

$$\sigma_1' = P_o' + \Delta P_1$$

$$C_s = 0,1095$$

$$= 3,5095 + 9,25$$

$$e = 1,429$$

$$= 12,759 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_o' = 3,5095 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_c' = 18,5095 \text{ kN/m}^2$$

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_o} \log\left(\frac{P_o' + \Delta P_1}{P_o'}\right) \rightarrow \text{Persamaan (2.46)}$$

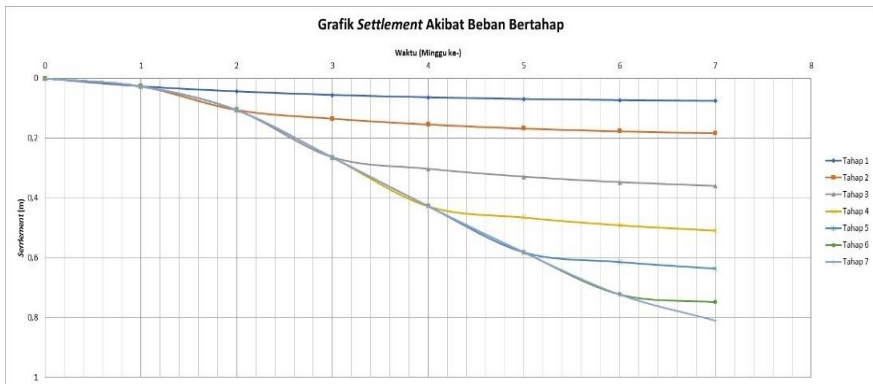
$$S_c = \frac{0,1095 \times 1}{1+1,429} \log\left(\frac{12,759}{3,5095}\right)$$

$$S_c = 0,0253 \text{ m}$$

Tabel 5.28 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat Penimbunan Secara Bertahap Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250

Tahap Timbunan ke-	Rekap Sc Pentahapan (m)	U pada Minggu ke-							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		0	32,205	53,505	68,053	78,027	84,878	89,588	92,829
1	0,082	0	0,027	0,044	0,056	0,064	0,070	0,074	0,076
2	0,198	0	0,027	0,106	0,135	0,154	0,168	0,177	0,184
3	0,389	0	0,027	0,106	0,264	0,303	0,330	0,348	0,361
4	0,548	0	0,027	0,106	0,264	0,428	0,465	0,491	0,509
5	0,686	0	0,027	0,106	0,264	0,428	0,582	0,614	0,637
6	0,807	0	0,027	0,106	0,264	0,428	0,582	0,723	0,749
7	0,873	0	0,027	0,106	0,264	0,428	0,582	0,723	0,810

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Nilai Pemampatan (s) dan Waktu Pentahapan (t) Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250
(Sumber: Hasil Analisis)

Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Mortar Busa :

$$C_c = 0,4916$$

$$\sigma'_{l'} = P_{o'} + \Delta P_1$$

$$C_s = 0,1095$$

$$= 3,5095 + 3$$

$$e = 1,429$$

$$= 6,5095 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_{o'} = 3,5095 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_{c'} = 18,5095 \text{ kN/m}^2$$

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1 + e_0} \log\left(\frac{P_{o'} + \Delta P_1}{P_{o'}}\right) \rightarrow \text{Persamaan (2.46)}$$

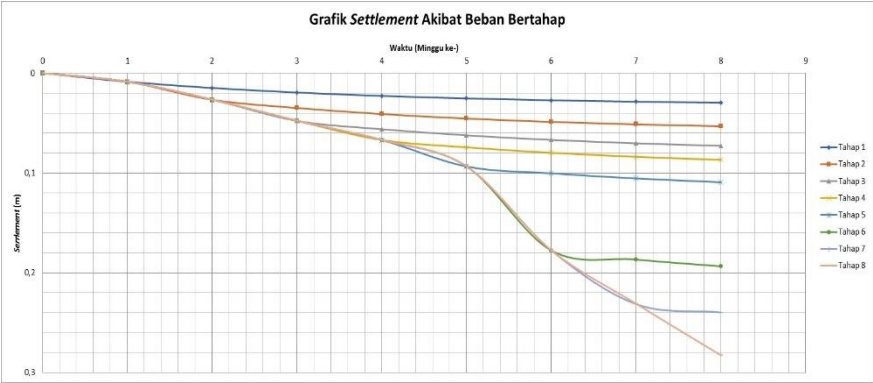
$$S_c = \frac{0,1095 \times 1}{1 + 1,429} \log\left(\frac{6,5095}{3,5095}\right)$$

$$S_c = 0,012 \text{ m}$$

Tabel 5.29 Perhitungan Pemampatan Tanah Dasar Akibat Penimbunan Secara Bertahap Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250

Tahap Timbunan ke-	Rekap Sc Pentahapan (m)	U pada Minggu ke-								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		0	26,734	45,698	59,677	70,029	77,709	83,413	87,654	90,808
1	0,033	0	0,009	0,015	0,019	0,023	0,025	0,027	0,029	0,030
2	0,058	0	0,009	0,027	0,035	0,041	0,045	0,049	0,051	0,053
3	0,080	0	0,009	0,027	0,048	0,056	0,062	0,067	0,070	0,073
4	0,096	0	0,009	0,027	0,048	0,067	0,074	0,080	0,084	0,087
5	0,120	0	0,009	0,027	0,048	0,067	0,093	0,100	0,105	0,109
6	0,213	0	0,009	0,027	0,048	0,067	0,093	0,178	0,187	0,193
7	0,264	0	0,009	0,027	0,048	0,067	0,093	0,178	0,231	0,239
8	0,311	0	0,009	0,027	0,048	0,067	0,093	0,178	0,231	0,283

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Nilai Pemampatan (s) dan Waktu Pentahapan (t) Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250

(Sumber: Hasil Analisis)

Hasil perhitungan pemampatan akibat penimbunan bertahap dan grafik hubungan pada setiap STA, baik yang memakai

timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.5.8 Perbandingan Perencanaan PVD dan Penimbunan Bertahap Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa

Setelah mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penimbunan secara bertahap dan perencanaan PVD yang akan digunakan dari perhitungan sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan perbandingan keduanya baik pada saat pemakaian timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa.

Tabel 5.30 di bawah ini merupakan hasil perbandingan waktu pentahapan dan PVD yang akan dipakai dari perencanaan timbunan yang memakai timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa.

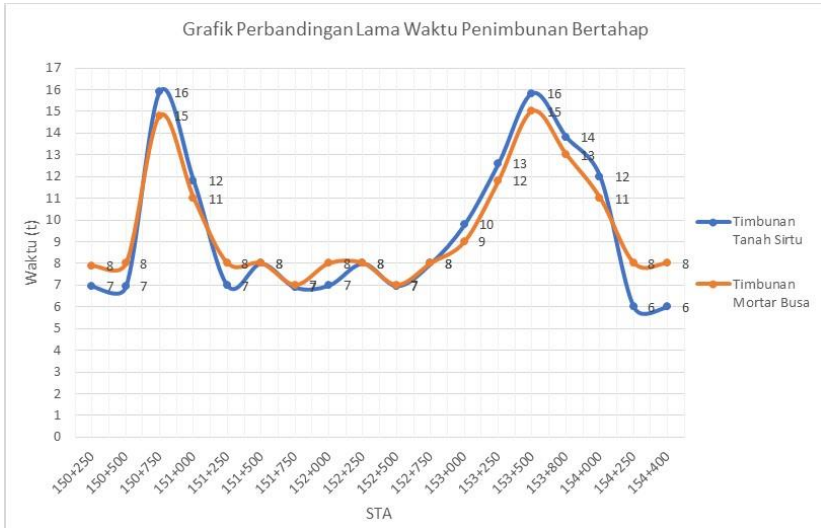
Tabel 5.30 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Perencanaan PVD STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Timbunan Material Sirtu		Timbunan Mortar Busa		ΔT (minggu)
		Tpentahapan (minggu)	PVD	Tpentahapan (minggu)	PVD	
150+250	2,0	7	1B	8	1C	-1
150+500	1,5	7	1B	8	1C	-1
150+750	6,5	16	1G	15	1G	1
151+000	4,5	12	1B	11	1B	1
151+250	1,5	7	1B	8	1B	-1
151+500	2,5	8	1B	8	1B	0
151+750	2,0	7	1B	7	1B	0
152+000	1,5	7	1B	8	1B	-1
152+250	2,5	8	1B	8	1B	0
152+500	2,0	7	1B	7	1B	0
152+750	2,5	8	1B	8	1B	0
153+000	3,5	10	1B	9	1B	1
153+250	5,0	13	2B	12	1B	1
153+500	6,5	16	2C	15	1C	1
153+800	5,5	14	2B	13	2B	1
154+000	5,0	12	1E	11	2D	1
154+250	1,5	6	1B	8	1C	-2
154+400	1,5	6	1B	8	1C	-2

Keterangan :

Kode Pola Pemasangan PVD	
1	Pola Segitiga
2	Pola Segiempat
Kode Variasi Jarak PVD	
A	0,9 m
B	1 m
C	1,1 m
D	1,2 m
E	1,3 m
F	1,4 m
G	1,5 m

(Sumber: Hasil Analisis)



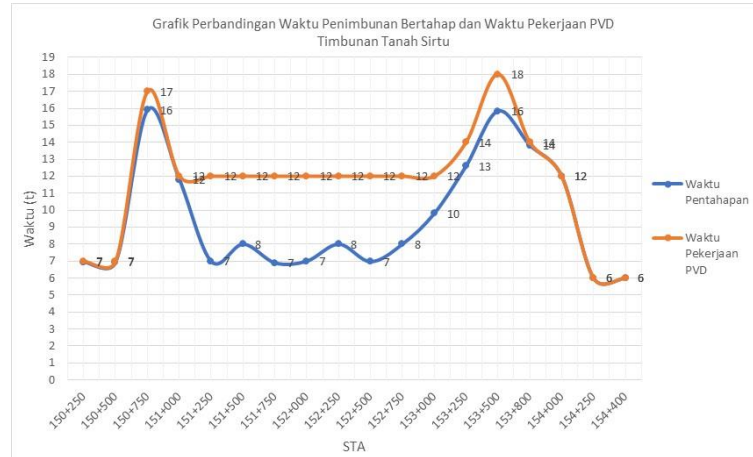
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Perencanaan PVD STA 150+250 – STA 154+400
(Sumber: Hasil Analisis)

Dari **Tabel 5.30** dan **Gambar 5.14** di atas, dapat diketahui bahwa timbunan tanah sirtu yang memiliki $h_{\text{final}} = 1,5$ m memiliki waktu pentahapan lebih cepat 1 – 2 minggu daripada timbunan mortar busa. hal ini karena h_{initial} timbunan mortar busa lebih besar sehingga memerlukan waktu yang lebih lama. Akan tetapi, ketika timbunan tanah sirtu mulai dari $h_{\text{final}} = 3,5$ m atau lebih, waktu pentahapan timbunannya menjadi lebih lama 1 minggu. Untuk perbandingan perencanaan PVD, dapat diketahui bahwa timbunan mortar busa cenderung membutuhkan jarak antar PVD yang lebih besar daripada timbunan tanah sirtu

Tabel 5.31 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Material Sirtu		ΔT (minggu)
	Tpentahapan (minggu)	T ketika U \geq 90% (minggu)	
150+250	7	7	0
150+500	7	7	0
150+750	16	17	-1
151+000	12	12	0
151+250	7	12	-5
151+500	8	12	-4
151+750	7	12	-5
152+000	7	12	-5
152+250	8	12	-4
152+500	7	12	-5
152+750	8	12	-4
153+000	10	12	-2
153+250	13	14	-1
153+500	16	18	-2
153+800	14	14	0
154+000	12	12	0
154+250	6	6	0
154+400	6	6	0

(Sumber : Hasil Analisis)



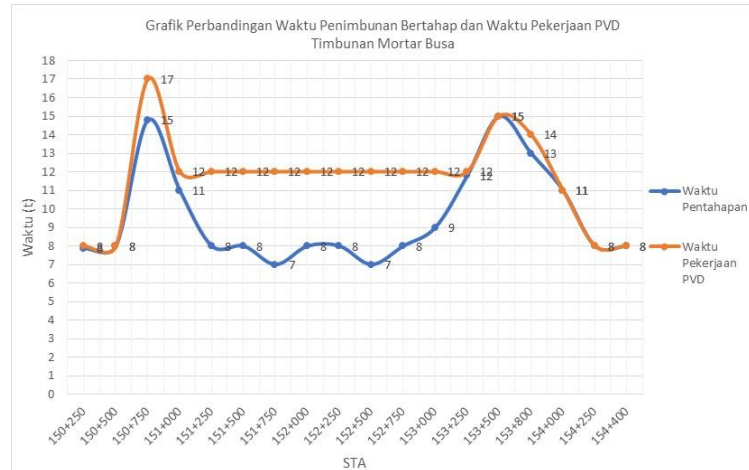
Gambar 5.15 Grifik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400
(Sumber : Hasil Analisis)

Tabel 5.32 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Mortar

Busa STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Mortar Busa		ΔT (minggu)
	Tpentahapan (minggu)	T ketika $U \geq 90\%$ (minggu)	
150+250	8	8	0
150+500	8	8	0
150+750	15	17	-2
151+000	11	12	-1
151+250	8	12	-4
151+500	8	12	-4
151+750	7	12	-5
152+000	8	12	-4
152+250	8	12	-4
152+500	7	12	-5
152+750	8	12	-4
153+000	9	12	-3
153+250	12	12	0
153+500	15	15	0
153+800	13	14	-1
154+000	11	11	0
154+250	8	8	0
154+400	8	8	0

(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 5.16 Grafik Perbandingan Waktu Penimbunan Bertahap dan Waktu PVD Bekerja Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400
(Sumber : Hasil Analisis)

Selain perbandingan antara waktu penimbunan bertahap dan perencanaan PVD, dilakukan juga perbandingan antara waktu pentahapan dan lama waktu PVD bekerja (lama waktu untuk mencapai derajat konsolidasi $U \geq 90\%$). **Tabel 5.31** dan **Gambar 5.15** di atas menunjukkan hasil perbandingan waktu untuk timbunan tanah sirtu, sedangkan **Tabel 5.32** dan **Gambar 5.16** menunjukkan hasil perbandingan waktu untuk timbunan mortar busa.

Dari **Tabel 5.31** dan **Tabel 5.32** serta **Gambar 5.15** dan **Gambar 5.16** tersebut, dapat diketahui bahwa lama waktu total pekerjaan penimbunan bertahap dan pekerjaan PVD untuk timbunan tanah sirtu membutuhkan waktu selama $T_{\max} = 18$ minggu, sedangkan untuk timbunan mortar busa membutuhkan waktu selama $T_{\max} = 17$ minggu sehingga dapat disimpulkan bahwa lama waktu pekerjaan timbunan bertahap + PVD timbunan tanah sirtu lebih lama (1 minggu) daripada timbunan mortar busa.

5.6 Analisis Kelongsoran Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan

Analisis kelongsoran lereng timbunan harus dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai SF (*Safety Factor*) akibat beban – beban yang bekerja. Selain itu, nilai SF harus didapatkan agar dapat ditentukan apakah timbunan tersebut membutuhkan perkuatan atau tidak. Pemeriksaan nilai SF dilakukan pada timbunan di STA 150+250 s.d. STA 150+750 yang menggunakan data tanah 1, timbunan di STA 151+000 s.d. STA 153+800 yang menggunakan data tanah 2, dan timbunan di STA 154+000 s.d. STA 154+400 yang menggunakan data tanah 3. Analisis ini dilakukan memakai program bantu *Xstabl* dan permodelan timbunannya memakai 2 (dua) material yang berbeda, yaitu material tanah sirtu dan material mortar busa.

Hasil analisis menunjukkan nilai *safety factor* pada timbunan di semua STA dengan pemakaian material tanah sirtu dan mortar busa seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5.33**. Analisis pada program bantu *Xstabl* dilakukan sebanyak ± 10 kali sehingga didapatkan nilai SF minimum.

Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai SF (*Safety Factor*) Minimum Pada Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Timbunan Tanah Sirtu	Timbunan Mortar Busa
		SF	SF
150+250	2,0	2,668	5,898
150+500	1,5	2,713	5,474
150+750	6,5	1,542	3,729
151+000	4,5	1,341	2,937
151+250	1,5	2,243	4,309
151+500	2,5	1,889	3,750
151+750	2,0	2,148	3,967
152+000	1,5	2,243	4,309
152+250	2,5	1,889	3,750
152+500	2,0	2,148	3,967
152+750	2,5	1,889	3,750
153+000	3,5	1,557	3,257
153+250	5,0	1,246	2,832
153+500	6,5	1,098	2,519
153+800	5,5	1,190	2,683
154+000	5,0	1,785	3,788
154+250	1,5	2,932	5,590
154+400	1,5	2,932	5,590

(Sumber: Hasil Analisis)

Ket :

-  $SF > 1,5$
 $1 < SF < 1,5$

Dari hasil analisis yang diperoleh pada **Tabel 5.33**, nilai SF minimum pada semua STA untuk kedua perencanaan adalah di atas 1 sehingga tidak perlu memperhitungkan tinggi timbunan kritis (H_{cr}). Pada perencanaan timbunan tanah sirtu, timbunannya

cenderung memiliki nilai SF di atas $SF_{rencana} = 1,5$, namun di beberapa STA, ada juga yang memiliki nilai SF masih di bawah $SF_{rencana}$ yaitu :

- STA 151+000 ($H_{final} = 4,5 \text{ m}$) = 1,341
- STA 153+250 ($H_{final} = 5,0 \text{ m}$) = 1,246
- STA 153+500 ($H_{final} = 6,5 \text{ m}$) = 1,098
- STA 153+800 ($H_{final} = 5,5 \text{ m}$) = 1,190

Untuk perencanaan timbunan mortar busa, timbunan pada setiap STA telah memiliki nilai SF di atas $SF_{rencana} = 1,5$. Oleh karena itu, untuk mampu mencapai nilai SF (*Safety Factor*) yang telah ditentukan, maka dibutuhkan suatu metode perkuatan timbunan. Dalam Tugas Akhir ini akan digunakan perkuatan *geotextile* sebagai perkuatan lereng timbunan dan *micropile* / cerucuk sebagai perkuatan tanah dasar.

5.7 Perencanaan Perkuatan Dengan *Geotextile*

Perencanaan perkuatan dengan *geotextile* dilakukan pada timbunan di STA yang memiliki nilai SF di bawah $SF_{rencana} = 1,5$ (lihat **Tabel 5.33**). Untuk perhitungan jumlah kebutuhan *geotextile*, nilai SF dicari sebanyak beberapa kali dengan program bantu *Xstabl* untuk kondisi *Internal Stability*. Dari beberapa nilai SF yang ada, akan dihitung jumlah kebutuhan *geotextile* yang terbanyak. Tujuannya agar mampu dijadikan patokan dalam perencanaan perkuatan. Spesifikasi bahan *geotextile* yang digunakan dalam perencanaan ini sesuai dengan Sub-subbab 4.2.2.1.

5.7.1 Perencanaan *Geotextile* Pada Timbunan Tanah Sirtu

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan perkuatan *geotextile* pada STA 153+500 yang memakai timbunan

material tanah sirtu. Data timbunan dan data tanah dasarnya adalah sebagai berikut :

Data Timbunan :

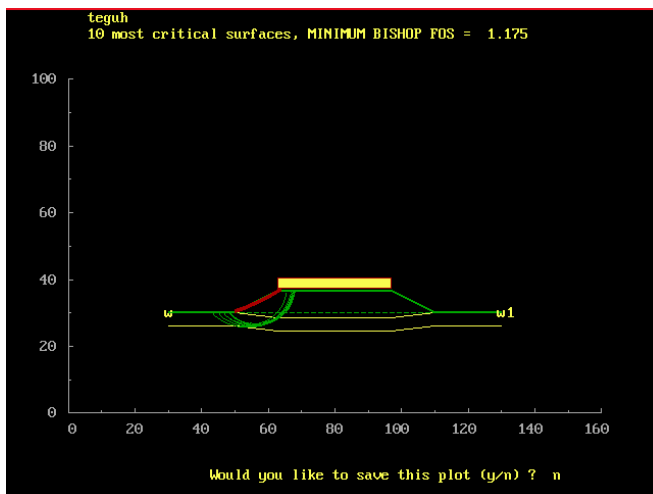
$$\begin{aligned}\gamma_t &= 18,5 \text{ kN/m}^3 \\ \phi &= 30^\circ \\ C_u &= 0\end{aligned}$$

Data Tanah Dasar :

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{sat}} &= 16,665 \text{ kN/m}^3 \\ \phi &= 0 \\ C_u &= 22,42 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Dilakukan analisis kelongsoran timbunan dengan menggunakan program bantu *Xstabl* sehingga didapatkan hasil analisis seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.17**.

Dari hasil analisis tersebut, didapatkan nilai SF (*Safety Factor*) yang paling kritis, jari – jari kelongsoran (R), nilai momen *resisting*/penahan minimal ($M_{R\min}$), serta koordinat kelongsoran timbunan. Nilai hasil analisis kelongsoran timbunan dengan *Xstabl* pada seluruh STA, baik pemakaian material tanah sirtu maupun mortar busa selengkapny dapat dilihat pada **Lampiran 5**.



(a)

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	50.00	30.00
2	50.94	30.35
3	51.87	30.70
4	52.80	31.07
5	53.73	31.45
6	54.65	31.84
7	55.56	32.25
8	56.47	32.66
9	57.38	33.08
10	58.28	33.52
11	59.17	33.97
12	60.06	34.42
13	60.95	34.89
14	61.82	35.37
15	62.70	35.86
16	63.56	36.36
17	63.79	36.50

(b)

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.175	22.11	107.09	81.98	50.00	63.79	5.370E+03
2.	1.176	55.70	38.53	12.25	46.67	67.58	8.481E+03
3.	1.188	55.57	38.25	12.14	46.67	67.58	8.285E+03
4.	1.199	56.69	37.66	11.34	48.33	67.96	7.423E+03
5.	1.201	54.38	38.68	12.78	45.00	66.96	8.893E+03
6.	1.206	56.66	37.81	11.42	48.33	68.00	7.517E+03
7.	1.215	55.19	38.02	11.70	46.67	66.78	7.648E+03
8.	1.227	53.78	40.44	14.76	43.33	68.00	1.159E+04
9.	1.251	56.24	38.10	11.32	48.33	67.45	7.339E+03
10.	1.261	54.63	37.29	10.80	46.67	65.40	6.480E+03

* * * END OF FILE * * *

(c)

Gambar 5.17 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Dengan Program Bantu *Xstabl*; (a) *Safety Factor*, (b) Koordinat Kelongsoran Timbunan, (c) Jari – jari Kelongsoran dan M_{Rmin}
(Sumber: Hasil Analisis)

$$\begin{array}{ll}
 SF & = 1,175 \\
 R & = 81,98 \text{ m} \\
 M_{Rmin} & = 5370 \text{ kNm}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 X_o & = 22,11 \\
 Y_o & = 107,09 \\
 Y_z & = 30
 \end{array}$$

1. Mencari Nilai Momen Pendorong (M_D)

Perhitungan untuk mencari nilai dari momen pendorong dilakukan sesuai dengan Persamaan (2.63) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_D &= \frac{M_{Rmin}}{SF} \\
 M_D &= \frac{5370}{1,175} = 4570,21 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2. Mencari Nilai Momen Penahan Rencana ($M_{R-rencana}$)

Setelah didapatkan nilai momen pendorong, dilakukan perhitungan untuk mencari nilai dari momen penahan rencana dengan $SF_{rencana} = 1,5$. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_D &= \frac{M_{R-rencana}}{SF-rencana} \rightarrow M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana \\
 M_{R-rencana} &= 4570,21 \times 1,5 \\
 M_{R-rencana} &= 6855,32 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

3. Mencari Nilai Penambahan Momen Penahan (ΔM_R)

Nilai dari ΔM_R dicari untuk mengetahui seberapa besar gaya penahan yang harus ditambahkan untuk melawan momen pendorong yang ada dengan SF yang telah ditentukan. Perhitungan untuk mendapat nilai dari ΔM_R dilakukan sesuai dengan Persamaan (2.64) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta M_R &= M_{R-rencana} - M_{R-minimum} \\
 \Delta M_R &= 6855,32 - 5370 \\
 \Delta M_R &= 1485,32 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4. Mencari Nilai Kekuatan *Geotextile*

Dari Sub – subbab 4.2.2.1, didapatkan nilai gaya tarik terbesar ($T_{ultimate}$) dari *geotextile* yang dipilih sebesar 52 kNm. Dari nilai tersebut, kemudian dibagi dengan faktor koreksi untuk mendapatkan kekuatan *geotextile* yang akan digunakan ($T_{allowable}$). semua faktor koreksi dipilih akibat adanya *embankment* sesuai dengan **Gambar 2.18** dan perhitungan untuk mendapat nilai dari $T_{allowable}$ dilakukan sesuai dengan Persamaan (2.50) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{array}{l}
 FS_{ID} = 1,5 \\
 FS_{CR} = 2 \\
 FS_{CD} = 1,3 \\
 FS_{BD} = 1,2
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} FS_{ID} = 1,5 \\ FS_{CR} = 2 \\ FS_{CD} = 1,3 \\ FS_{BD} = 1,2 \end{array}} \right\} \text{Faktor Koreksi Akibat Embankment}$$

$$T_{allowable} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right)$$

$$T_{allowable} = 52 \left(\frac{1}{1,5 \times 2 \times 1,3 \times 1,2} \right)$$

$$T_{allowable} = 11,11 \text{ kNm}$$

5. Menghitung Panjang Total *Geotextile*

Panjang *geotextile* didapatkan dari perhitungan panjang *geotextile* di belakang bidang longsor (L_E), panjang *geotextile* di depan bidang longsor (L_R), panjang lipatan *geotextile* (L_O), dan panjang vertikal (S_v). Dari perhitungan tersebut nantinya akan dikalkulasikan untuk menghitung panjang total *geotextile* yang dibutuhkan (L_{total}).

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan panjang kebutuhan *geotextile* pada lapisan pertama (di dasar timbunan) yaitu sebagai berikut :

- Menghitung panjang *geotextile* di belakang bidang longsor (L_E)

Perhitungan untuk mendapatkan nilai L_E dilakukan sesuai dengan Persamaan (2.57), namun sebelumnya perlu dilakukan perhitungan tegangan geser antara tanah timbunan dengan *geotextile* (τ_{atas}) dan tegangan geser antara tanah dasar dengan *geotextile* (τ_{bawah}) sesuai dengan Persamaan (2.58) dan (2.59). Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$SF_{rencana} = 1,5$$

$$E = 0,8$$

$$T_{allowable} = 11,11 \text{ kNm}$$

$$S_v = 0,25 \text{ m}$$

$$H_i = 6,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} T_i &= Y_o - Y_z \\ &= 107,09 - 30 \\ &= 77,09 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{v1} &= \gamma_{timb} \times H_i \\ &= 18,5 \times 6,5 \\ &= 120,250 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{v2} &= \gamma_{sat} \times H \\ &= 16,665 \times 3 \\ &= 49,995 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\tau_{atas} = C u_1 + \sigma_{v1} \tan \phi_1$$

$$\tau_{atas} = 0 + 120,250 \tan 30$$

$$\tau_{atas} = 69,426 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_{bawah} = C u_2 + \sigma_{v2} \tan \phi_2$$

$$\tau_{bawah} = 22,42 + 49,995 \tan 0$$

$$\tau_{bawah} = 22,42 \text{ kN/m}^2$$

$$L_e = \frac{T_{allowable} \times SF_{rencana}}{(\tau_{atas} + \tau_{bawah}) \times E}$$

$$L_e = \frac{11,11 \times 1,5}{(69,426 + 22,42) \times 0,8}$$

$$L_e = 0,227 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{geotextile}} &= T_{\text{allowable}} \times T_i \\ &= 11,11 \times 77,09 \\ &= 856,556 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Harus diperhatikan bahwa setiap *geotextile* yang dipasang pada timbunan tiap lapisnya akan memiliki $M_{\text{geotextile}}$ yang berbeda – beda. Untuk menentukan jumlah lembaran *geotextile* yang dibutuhkan, maka jumlah total dari $M_{\text{geotextile}}$ ($\Sigma M_{\text{geotextile}}$) harus tidak lebih kecil dari ΔM_R ($\Sigma M_{\text{geotextile}} \geq \Delta M_R$).

Apabila dengan perencanaan *geotextile* sebanyak 1 lapis/rangkap belum memenuhi, bisa dilakukan dengan 2,3, atau 4 lapis. Rekapitulasi perhitungan *geotextile* di belakang bidang longsor dapat dilihat pada **Tabel 5.34** di bawah ini.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Perhitungan Panjang *Geotextile* Di Belakang Bidang Longsor (L_E) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	$M_{\text{geotextile}}$ (kNm)	$\Sigma M_{\text{geotextile}}$ (kNm)	Le (m)
1	0,25	6,50	77,09	120,250	69,426	22,420	856,556	856,556	0,227
2	0,25	6,25	76,84	115,625	66,756	66,756	853,778	1710,333	0,156

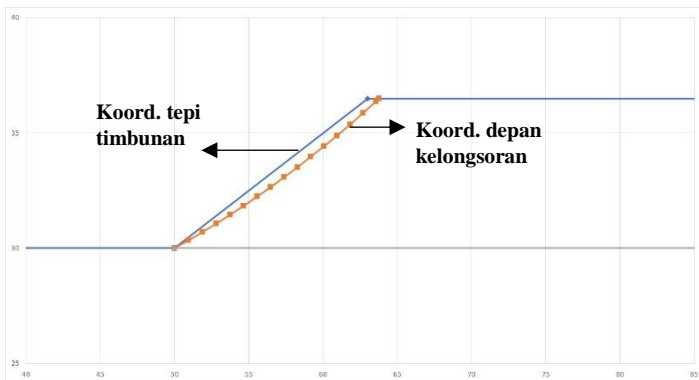
(Sumber: Hasil Analisis)

Dalam perencanaan *geotextile* pada timbunan di STA 153+500, dibutuhkan 2 lembar *geotextile* dengan tiap lembarnya berjumlah 1 lapis yang memiliki nilai $\Sigma M_{\text{geotextile}} = 1710,333 \text{ kNm} > \Delta M_R = 1485,32 \text{ kNm}$.

- Menghitung panjang *geotextile* di depan bidang longsor (L_R)
Cara untuk mendapatkan nilai L_R selain dengan menggunakan Persamaan (2.60), bisa dilakukan pula perhitungan secara manual dengan memperhatikan koordinat tepi timbunan dan koordinat dimana *geotextile* berada di depan kelongsoran timbunan. Perhitungan L_R adalah sebagai berikut :

$$L_R = \text{Koord. depan kelongsoran} - \text{Koord. tepi timbunan}$$

Gambar 5.18 di bawah ini menunjukkan grafik kelongsoran pada lereng timbunan dengan koordinat yang didapatkan dari hasil *Xstabl* (**Gambar 5.17c**)



Gambar 5.18 Grafik Hasil Analisis Kelongsoran Lereng
Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.35 di bawah ini menunjukkan rekapitulasi perhitungan panjang *geotextile* di depan bidang longsor (L_R). Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa L_R terpanjang berada di lapisan teratas, $L_R = 0,3$ m.

Tabel 5.35 Rekapitulasi Perhitungan Panjang *Geotextile* Di Depan Bidang Longsor (L_R) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Y geotextile (m)	Koordinat Geotextile Depan Kelongsoran (m)	Koordinat Tepi Timbunan (m)	Lr (m)
	x	x	
30	50,2	50	0,2
30,25	50,8	50,5	0,3

(Sumber: Hasil Analisis)

- Menghitung panjang lipatan *geotextile* (L_O)
Perhitungan untuk mendapatkan nilai dari lipatan *geotextile* (L_O) menggunakan Persamaan (2.61) dimana secara singkatnya nilai dari L_O adalah setengah dari nilai L_E . Rekapitulasi perhitungan panjang lipatan *geotextile* ditunjukkan oleh **Tabel 5.36** di bawah ini

Tabel 5.36 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Lipatan *Geotextile* (L_O) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Le (m)	Lo (m)
0,227	0,113
0,156	0,078

(Sumber: Hasil Analisis)

Setelah mendapatkan nilai dari L_E , L_R , dan L_O maka untuk mendapatkan panjang total kebutuhan *Geotextile* digunakan Persamaan (2.56). Rekapitulasi panjang total kebutuhan *geotextile* (L_{total}) ditunjukkan oleh **Tabel 5.37**.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total *Geotextile* (L_{tot}) Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Lembar Geotextile	Le pakai (m)	Lo pakai (m)	Lr pakai (m)	Ltotal pakai (m)
1	1	1	1	3,3
2	1	1	1	3,3
			$\Sigma_{total} =$	7

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil perhitungan di atas, diketahui bahwa timbunan tanah sirtu STA 153+500 dengan $SF = 1,175$, untuk mencapai $SF_{rencana} = 1,5$ membutuhkan perkuatan *geotextile* di lereng timbunan sebanyak 2 lembar untuk satu sisi lereng timbunan. Rekapitulasi perhitungan panjang total *geotextile* pada seluruh STA selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

Karena *geotextile* tiap lembar pada perencanaan timbunan di STA ini terdiri dari 1 lapis dan timbunannya memiliki 2 sisi lereng timbunan, maka perhitungan panjang keseluruhan *geotextile* (per meter lari) adalah sebagai berikut :

$$\Sigma L_{tot} = 7 \text{ m}$$

$$L = 7 \times 1 \times 2$$

$$L = 14 \text{ m.}$$

Kemudian dari beberapa nilai SF yang berbeda, dilakukan perhitungan yang sama sehingga didapatkan jumlah kebutuhan *geotextile* yang terbanyak pada timbunan di STA yang ditinjau. Rekapitulasi jumlah kebutuhan *geotextile* yang terbanyak tiap timbunan di STA yang ditinjau ditunjukkan pada **Tabel 5.38**.

Tabel 5.38 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Geotextile* Terbanyak; (a) STA 151+000, (b) STA 153+250, (c) STA 153+500, (d) STA 153+800

No.	SF	ΔMR (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>			
			n Lembar <i>Geotextile</i> (a)	n Lapis (b)	n Kebutuhan <i>Geotextile</i>	Ltotal <i>Geotextile</i> (m ²)
1	1,234	293,376	2	1	4	14
2	1,241	330,7937	3	1	6	24

(a)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>			
			n Lembar <i>Geotextile</i> (a)	n Lapis (b)	n Kebutuhan <i>Geotextile</i>	Ltotal <i>Geotextile</i> (m ²)
1	1,238	384,1115	3	1	6	24
2	1,167	409,7584	2	1	4	13

(b)

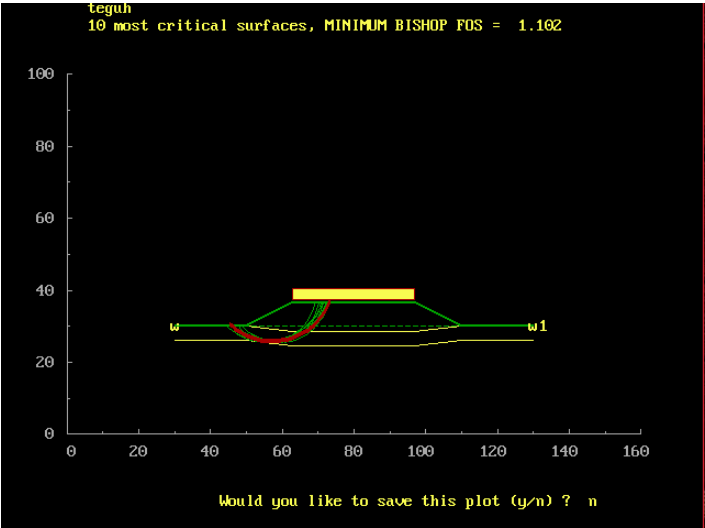
No.	SF	ΔMR (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>			
			n Lembar <i>Geotextile</i> (a)	n Lapis (b)	n Kebutuhan <i>Geotextile</i>	Ltotal <i>Geotextile</i> (m ²)
1	1,175	1485,319	2	1	4	13
2	1,175	1485,319	2	1	4	13

(c)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>			
			n Lembar <i>Geotextile</i> (a)	n Lapis (b)	n Kebutuhan <i>Geotextile</i>	Ltotal <i>Geotextile</i> (m ²)
1	1,24	494,2097	3	1	6	24
2	1,171	507,9693	2	1	4	13

(d)

Kemudian berikut ini akan diberikan kembali contoh perhitungan perencanaan perkuatan *geotextile* pada STA 153+500 yang memakai timbunan material tanah sirtu dengan memperhatikan nilai ΔM_R yang terbesar sehingga didapatkan hasil analisis *Xstabl* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.19**.



(a)

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)	20	63.23	26.52
1	45.56	30.00	21	64.15	26.91
2	46.30	29.33	22	65.05	27.35
3	47.09	28.71	23	65.92	27.85
4	47.91	28.14	24	66.75	28.39
5	48.76	27.62	25	67.56	28.99
6	49.64	27.15	26	68.33	29.63
7	50.55	26.73	27	69.05	30.31
8	51.48	26.37	28	69.74	31.04
9	52.43	26.06	29	70.38	31.81
10	53.40	25.81	30	70.98	32.61
11	54.38	25.61	31	71.52	33.45
12	55.37	25.48	32	72.02	34.32
13	56.37	25.40	33	72.46	35.21
14	57.37	25.39	34	72.85	36.14
15	58.37	25.43	35	72.98	36.50
16	59.36	25.53			
17	60.35	25.69			
18	61.33	25.91			
19	62.29	26.19			

(b)

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.102	57.14	42.24	16.86	45.56	72.98	1.420E+04
2.	1.118	56.70	39.71	13.96	46.67	70.28	1.042E+04
3.	1.127	57.67	41.88	16.19	46.67	72.93	1.327E+04
4.	1.130	56.12	43.08	17.53	44.44	72.36	1.508E+04
5.	1.136	56.68	42.43	16.68	45.56	72.26	1.389E+04
6.	1.140	59.17	39.57	14.05	48.89	72.87	1.066E+04
7.	1.150	58.49	39.00	13.16	48.89	71.40	9.529E+03
8.	1.152	56.82	38.34	12.30	47.78	68.97	8.470E+03
9.	1.167	58.14	38.96	12.88	48.89	70.78	9.179E+03
10.	1.178	55.51	43.00	17.07	44.44	71.30	1.441E+04

(c)

Gambar 5.19 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Dengan ΔM_R Terbesar; (a) *Safety Factor*, (b) Koordinat Kelongsoran Timbunan, (c) Jari – jari Kelongsoran dan M_{Rmin} (Sumber: Hasil Analisis)

$$\begin{aligned}
 SF &= 1,102 & X_o &= 57,14 \\
 R &= 16,86 \text{ m} & Y_o &= 42,24 \\
 M_{Rmin} &= 14200 \text{ kNm} & Y_z &= 30
 \end{aligned}$$

$$M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF} = \frac{14200}{1,102} = 12885,7 \text{ kNm}$$

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 12885,7 \times 1,5 = 19328,5 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 19328,5 - 14200 = 5128,49 \text{ kNm}$$

Dengan nilai gaya tarik *geotextile* yang direncanakan, yaitu $T_{allowable} = 11,11 \text{ kNm}$ dan proses perhitungan yang sama seperti sebelumnya, didapatkan rekapitulasi perhitungan *geotextile* sesuai pada **Tabel 5.39** di bawah ini.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan *Geotextile* Dengan ΔM_R Terbesar Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	Σ Mgeotextile (kNm)
1	0,25	6,50	12,24	120,250	69,426	22,420	272,000	272,000
2	0,25	6,25	11,99	115,625	66,756	66,756	266,444	538,444
3	0,25	6,00	11,74	111,000	64,086	64,086	260,889	799,333
4	0,25	5,75	11,49	106,375	61,416	61,416	255,333	1054,667
5	0,25	5,50	11,24	101,750	58,745	58,745	249,778	1304,444
6	0,25	5,25	10,99	97,125	56,075	56,075	244,222	1548,667
7	0,25	5,00	10,74	92,500	53,405	53,405	238,667	1787,333
8	0,25	4,75	10,49	87,875	50,735	50,735	233,111	2020,444
9	0,25	4,50	10,24	83,250	48,064	48,064	227,556	2248,000
10	0,25	4,25	9,99	78,625	45,394	45,394	222,000	2470,000
11	0,25	4,00	9,74	74,000	42,724	42,724	216,444	2686,444
12	0,25	3,75	9,49	69,375	40,054	40,054	210,889	2897,333
13	0,25	3,50	9,24	64,750	37,383	37,383	205,333	3102,667
14	0,25	3,25	8,99	60,125	34,713	34,713	199,778	3302,444
15	0,25	3,00	8,74	55,500	32,043	32,043	194,222	3496,667
16	0,25	2,75	8,49	50,875	29,373	29,373	188,667	3685,333
17	0,25	2,50	8,24	46,250	26,702	26,702	183,111	3868,444
18	0,25	2,25	7,99	41,625	24,032	24,032	177,556	4046,000
19	0,25	2,00	7,74	37,000	21,362	21,362	172,000	4218,000
20	0,25	1,75	7,49	32,375	18,692	18,692	166,444	4384,444
21	0,25	1,50	7,24	27,750	16,021	16,021	160,889	4545,333
22	0,25	1,25	6,99	23,125	13,351	13,351	155,333	4700,667
23	0,25	1,00	6,74	18,500	10,681	10,681	149,778	4850,444
24	0,25	0,75	6,49	13,875	8,011	8,011	144,222	4994,667
25	0,25	0,50	6,24	9,250	5,340	5,340	138,667	5133,333

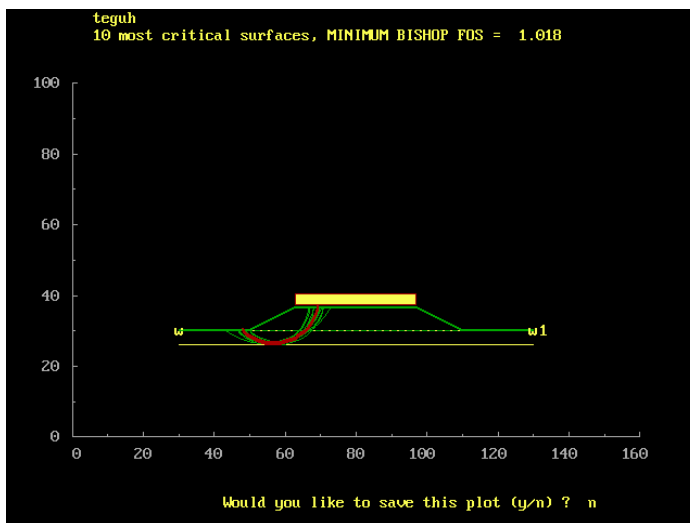
(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil perhitungan di atas, diketahui bahwa timbunan tanah sirtu STA 153+500 dengan $SF = 1,102$ membutuhkan perkuatan *geotextile* di lereng timbunan sebanyak 25 lembar untuk satu sisi lereng timbunan dan tiap lembarnya terdiri dari 2 lapis (rangkap).

Setelah itu, dilakukan perhitungan pengecekan kekuatan gaya tarik *geotextile* ($T_{allowable}$). pengecekan tersebut dihitung dalam kondisi apabila metode penimbunan bertahap tidak dilaksanakan

sehingga pemampatan tanah akibat timbunan baru terjadi ketika penimbunan secara langsung telah selesai dilakukan.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan perkuatan *geotextile* pada STA 153+500 yang memakai timbunan material tanah sirtu tanpa proses penimbunan bertahap sehingga didapatkan hasil analisis *Xstabl* yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.20**.



(a)

1	47.78	30.00	22	66.32	30.52
2	48.49	29.29	23	66.92	31.32
3	49.25	28.65	24	67.46	32.16
4	50.06	28.06	25	67.92	33.04
5	50.92	27.55	26	68.32	33.96
6	51.81	27.10	27	68.64	34.91
7	52.74	26.73	28	68.87	35.88
8	53.70	26.44	29	68.97	36.50
9	54.68	26.23			
10	55.67	26.09			
11	56.66	26.04			
12	57.66	26.07			
13	58.66	26.18			
14	59.64	26.37			
15	60.60	26.63			
16	61.54	26.98			
17	62.45	27.40			
18	63.32	27.89			
19	64.15	28.46			
20	64.92	29.08			
21	65.65	29.77			

(b)

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.018	56.82	38.34	12.30	47.78	68.97	7.419E+03
2.	1.026	56.14	38.56	12.66	48.83	70.76	6.915E+03
3.	1.033	56.20	40.44	14.14	46.67	69.78	9.167E+03
4.	1.039	55.73	38.59	12.49	46.67	68.03	7.574E+03
5.	1.055	56.16	41.39	14.82	46.67	70.14	9.777E+03
6.	1.086	57.62	37.25	10.52	50.00	68.10	5.595E+03
7.	1.088	56.50	37.11	10.42	48.89	66.90	5.498E+03
8.	1.089	58.30	39.78	12.83	50.00	70.70	7.679E+03
9.	1.109	56.29	37.13	10.28	48.89	66.54	5.349E+03
10.	1.123	55.03	47.18	20.79	43.33	72.86	1.686E+04

(c)

Gambar 5.20 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanah Sirtu Tanpa Penimbunan Bertahap; (a) *Safety Factor*, (b) Koordinat Kelongsoran Timbunan, (c) Jari – jari Kelongsoran dan M_{Rmin} (Sumber: Hasil Analisis)

SF	= 1,018	Xo	= 56,82
R	= 12,3 m	Yo	= 38,34
M _{Rmin}	= 7419 kNm	Yz	= 30

$$M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF} = \frac{7419}{1,018} = 7287,82 \text{ kNm}$$

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 7287,82 \times 1,5 = 10931,7 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 10931,7 - 7419 = 3512,73 \text{ kNm}$$

Nilai gaya tarik *geotextile* yang direncanakan adalah sama yaitu sebesar $T_{allowable} = 11,11 \text{ kNm}$ dengan nilai faktor reduksi yang sama pula (akibat *embankment*). Jumlah lapisan *geotextile* yang akan dipasang juga sama, yaitu sebesar 25 lembar dengan tiap lembar *geotextile* terdiri dari 2 rangkap untuk satu sisi lereng timbunan. Ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai kuat tarik *geotextile* dengan jumlah yang sama mampu/cukup kuat untuk digunakan dalam analisis stabilitas jangka pendek (untuk pelaksanaan penimbunan secara langsung).

Dengan perhitungan yang sama seperti sebelumnya, didapatkan rekapitulasi perhitungan *geotextile* pada **Tabel 5.40** di bawah ini.

Tabel 5.40 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan *Geotextile* Tanpa Penimbunan Bertahap Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha \cdot v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	Σ Mgeotextile (kNm)
1	0,25	6,50	8,34	120,250	69,426	22,420	185,333	185,333
2	0,25	6,25	8,09	115,625	66,756	66,756	179,778	365,111
3	0,25	6,00	7,84	111,000	64,086	64,086	174,222	539,333
4	0,25	5,75	7,59	106,375	61,416	61,416	168,667	708,000
5	0,25	5,50	7,34	101,750	58,745	58,745	163,111	871,111
6	0,25	5,25	7,09	97,125	56,075	56,075	157,556	1028,667
7	0,25	5,00	6,84	92,500	53,405	53,405	152,000	1180,667
8	0,25	4,75	6,59	87,875	50,735	50,735	146,444	1327,111
9	0,25	4,50	6,34	83,250	48,064	48,064	140,889	1468,000
10	0,25	4,25	6,09	78,625	45,394	45,394	135,333	1603,333
11	0,25	4,00	5,84	74,000	42,724	42,724	129,778	1733,111
12	0,25	3,75	5,59	69,375	40,054	40,054	124,222	1857,333
13	0,25	3,50	5,34	64,750	37,383	37,383	118,667	1976,000
14	0,25	3,25	5,09	60,125	34,713	34,713	113,111	2089,111
15	0,25	3,00	4,84	55,500	32,043	32,043	107,556	2196,667
16	0,25	2,75	4,59	50,875	29,373	29,373	102,000	2298,667
17	0,25	2,50	4,34	46,250	26,702	26,702	96,444	2395,111
18	0,25	2,25	4,09	41,625	24,032	24,032	90,889	2486,000
19	0,25	2,00	3,84	37,000	21,362	21,362	85,333	2571,333
20	0,25	1,75	3,59	32,375	18,692	18,692	79,778	2651,111
21	0,25	1,50	3,34	27,750	16,021	16,021	74,222	2725,333
22	0,25	1,25	3,09	23,125	13,351	13,351	68,667	2794,000
23	0,25	1,00	2,84	18,500	10,681	10,681	63,111	2857,111
24	0,25	0,75	2,59	13,875	8,011	8,011	57,556	2914,667
25	0,25	0,50	2,34	9,250	5,340	5,340	52,000	2966,667

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari **Tabel 5.40** tersebut diketahui bahwa nilai $\Sigma M_{\text{geotextile}} = 2966,667 \text{ kNm} < \Delta M_R = 3512,73 \text{ kNm}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa apabila pelaksanaan penimbunan secara bertahap tidak dilakukan, maka dalam jumlah yang sama kekuatan gaya tarik *geotextile* tidak cukup kuat untuk stabilitas jangka pendek sehingga terdapat kemungkinan lereng timbunan mengalami kelongsoran. Oleh karena itu, solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasinya antara lain:

1. Memperbesar nilai $T_{\text{allowable geotextile}}$ dengan menganalisis kembali faktor reduksi kekuatannya (dalam perencanaan ini, $T_{\text{allowable}}$ minimal = 13,2 kNm).
2. Menambah jumlah lembaran *geotextile* atau merangkap tiap lembarannya hingga mencapai ΔM_R yang diinginkan.

5.7.2 Perbandingan Perencanaan *Geotextile* Antara

Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa

Perlu diketahui bahwa semakin besar nilai SF dan semakin kecil nilai ΔM_R , maka semakin sedikit pula perkuatan yang diperlukan. **Tabel 5.41** menampilkan hasil perhitungan perkuatan *geotextile* terbanyak yang dibutuhkan pada timbunan tanah sirtu yang memiliki nilai SF di bawah $SF_{\text{rencana}} = 1,5$.

Tabel 5.41 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Geotextile* Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	SF	ΔM_R (kNm)	Kebutuhan <i>Geotextile</i>			
				n Lembar <i>Geotextile</i> (a)	n Lapis (b)	n Kebutuhan <i>Geotextile</i>	Ltotal <i>Geotextile</i> (m2)
151+000	4,5	1,241	330,794	3	1	6	24
153+250	5,0	1,238	384,111	3	1	6	24
153+500	6,5	1,175	1485,319	2	1	4	13
153+800	5,5	1,240	494,210	3	1	6	24

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari **Tabel 5.41**, diketahui bahwa perencanaan timbunan tanah sirtu masih membutuhkan perkuatan *geotextile*, sedangkan perencanaan timbunan mortar busa cenderung tidak membutuhkannya sebagai perkuatan lereng sisi timbunan. Hal ini karena timbunan mortar busa memiliki nilai SF di atas $SF_{\text{rencana}} = 1,5$ sehingga timbunannya lebih stabil daripada timbunan tanah sirtu.

5.8 Perencanaan Perkuatan Dengan *Micropile* (Cerucuk)

Sama halnya dengan perkuatan *geotextile*, perencanaan perkuatan dengan memakai cerucuk / *micropile* dilakukan pada timbunan di STA yang memiliki nilai SF di bawah $SF_{rencana} = 1,5$. Perkuatan ini diletakkan di tanah dasar sebagai bentuk perkuatan agar tahanan geser tanah dapat meningkat sehingga tanah dasar lebih mampu menahan kelongsoran yang mungkin terjadi.

Selain memakai nilai SF minimum pada **Tabel 5.33**, dianalisis kembali nilai SF yang lain untuk kondisi *overall stability* dengan program bantu *Xstabl*. Dari beberapa nilai SF yang ada, akan dihitung jumlah kebutuhan *micropile* yang terbanyak. Untuk spesifikasi bahan *micropile* yang digunakan dalam perencanaan ini sesuai dengan Sub-subbab 4.2.2.3.

5.8.1 Perencanaan *Micropile* Pada Timbunan Tanah Sirtu

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan perencanaan perkuatan *micropile* pada STA 153+500 yang memakai timbunan material tanah sirtu. Data – data awal yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

SF	= 1,098	M_D	= 10027,3 kNm
$SF_{rencana}$	= 1,5	ΔM_R	= 4030,98 kNm
M_{Rmin}	= 11010 kNm	R	= 14,42 m

$$\begin{aligned} Cu' \text{ tanah dasar} &= 22,42 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,2242 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Spesifikasi bahan cerucuk, yaitu :

$$F'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4700 \sqrt{40} = 29725,4 \text{ MPa} = 297254 \text{ kg/cm}^2 \\
 S &= 20 \text{ cm} \\
 I &= \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} s^4 \\
 &= \frac{1}{12} (20)^4 = 13333,3 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

1. Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan 1 tiang cerucuk yang mampu menahan gaya horizontal (P), terlebih dahulu harus didapatkan nilai dari faktor kekuatan relatif (T). Perhitungan dari faktor kekuatan relatif (T) sesuai dengan Persamaan (2.70) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 2 \times C_u \\
 &= 2 \times 0,2242 \\
 &= 0,4484 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0,4484/0,977 = 0,459 \text{ ton/ft}^2 \\
 q_u &= 0,459 \text{ ton/ft}^2 \rightarrow (\text{Lihat Gambar 2.23}) \\
 &\quad \rightarrow \text{didapatkan nilai } f = 5 \text{ ton/ft}^3 \\
 f &= 5 \text{ ton/ft}^3 \rightarrow 5 \times 0,032 = 0,16 \text{ kg/cm}^3 \\
 T &= \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \\
 T &= \left(\frac{297254 \times 13333,3}{0,16} \right)^{\frac{1}{5}} = 119,892 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh 1 tiang cerucuk

Menghitung nilai P dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar nilai gaya dorong horizontal maksimum yang bisa ditahan oleh 1 buah cerucuk. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui panjang cerucuk yang tertahan di bawah bidang gelincir (L) = 450 cm ~ 4,5 m

$$\frac{L}{T} = \frac{450 \text{ cm}}{119,892 \text{ cm}} = 3,75339 \rightarrow (\text{Lihat Gambar 2.24}), z = 0$$

\rightarrow didapatkan nilai $F_m = 0,97$

$$M_{p_{\max}} = M_{\text{cr-cerucuk}} = 8,6 \text{ kN-m} \rightarrow 86000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\text{max-1cerucuk}} = \frac{M_{p_{\max} \text{ 1 cerucuk}}}{F_m \times T} \rightarrow (\text{Persamaan (2.72)})$$

$$P_{\text{max-1cerucuk}} = \frac{86000}{0,97 \times 119,892} = 739,499 \text{ kg} = 7,3949 \text{ kN}$$

3. Menghitung jumlah cerucuk yang dibutuhkan
Selain dengan menggunakan Persamaan (2.76) dan Persamaan (2.77), untuk menghitung jumlah cerucuk yang dibutuhkan bisa juga dengan memakai cara konvergensi (Rusdiansyah, 2016) antara jumlah cerucuk asumsi dan cerucuk hitung dimana nilai $P_{\text{max-1cerucuk}}$ telah memperhatikan faktor koreksi gabungan (F_{kg}) sesuai dengan Persamaan (2.80). Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Jika, n -cerucuk asumsi = 1

$$X_t = L/S = 450/20 = 22,5 \quad X_d = S/T = 20/119,892 = 0,1668$$

$$Y_t = 0,1 (L/S) - 0,35 \quad Y_d = 46,616 (S/T) - 3,582$$

$$Y_t = 0,1 (22,5) - 0,35 \quad Y_d = 46,616 (0,1668) - 3,582$$

$$Y_t = 1,675 \quad Y_d = 4,19 \rightarrow Y_{d_{\max}} = 1,7$$

$X_s = 5,5 \text{ m}$ (jarak optimal antar cerucuk)

$$Y_s = -0,057 (X_s)^2 + 0,614 (X_s) - 0,658$$

$$Y_s = -0,057 (5,5)^2 + 0,614 (5,5) - 0,658$$

$$Y_s = 0,995$$

$X_n = \text{jumlah cerucuk asumsi} = 1$

$Y_n = 0,047 (X_n) + 1,051$

$Y_n = 0,047 (1) + 1,051$

$Y_n = 1,098$

$F_{kg} = 2,3 \times Y_t \times Y_d \times Y_s \times Y_n$

$F_{kg} = 2,3 \times 1,675 \times 1,7 \times 0,995 \times 1,098$

$F_{kg} = 6,541$

$P_{max_2} = P_{max_1} \times F_{kg}$

$P_{max_2} = 7,3949 \times 6,541$

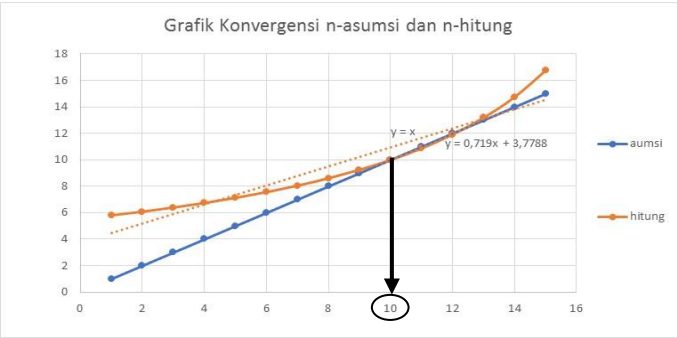
$P_{max_2} = 48,37 \text{ kN}$

Dari **Gambar 2.25**, didapatkan nilai n-cerucuk hitung adalah :

$$n = \frac{(SF_{rencana} - SF_{min}) \times M_d}{P_{max_2} \times R}$$

$$n = \frac{(1,5 - 1,098) \times 10027,3}{48,37 \times 14,42} = 5,779 \sim 6 \text{ batang}$$

Kemudian dilakukan konvergensi (kecocokan) antara n-cerucuk asumsi dan n-cerucuk hitung dengan cara mengganti n-cerucuk asumsi = 2,3,4,...dst. Hasil rekapitulasi konvergensi tersebut ditunjukkan oleh **Gambar 5.21** dan **Tabel 5.42**.



Gambar 5.21 Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Micropile Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.42 Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi
dan n-hitung *Micropile* Pada Timbunan Tanah Sirtu
STA 153+500

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
7,39499	1	1,675	1,7	5,5	0,995	1,004	6,541	48,37	6
7,39499	2	1,675	1,7	5,5	0,995	0,957	6,235	46,11	6
7,39499	3	1,675	1,7	5,5	0,995	0,91	5,929	43,84	6
7,39499	4	1,675	1,7	5,5	0,995	0,863	5,622	41,58	7
7,39499	5	1,675	1,7	5,5	0,995	0,816	5,316	39,31	7
7,39499	6	1,675	1,7	5,5	0,995	0,769	5,010	37,05	8
7,39499	7	1,675	1,7	5,5	0,995	0,722	4,704	34,78	8
7,39499	8	1,675	1,7	5,5	0,995	0,675	4,398	32,52	9
7,39499	9	1,675	1,7	5,5	0,995	0,628	4,091	30,26	9
7,39499	10	1,675	1,7	5,5	0,995	0,581	3,785	27,99	10
7,39499	11	1,675	1,7	5,5	0,995	0,534	3,479	25,73	11
7,39499	12	1,675	1,7	5,5	0,995	0,487	3,173	23,46	12
7,39499	13	1,675	1,7	5,5	0,995	0,44	2,867	21,20	13
7,39499	14	1,675	1,7	5,5	0,995	0,393	2,560	18,93	15
7,39499	15	1,675	1,7	5,5	0,995	0,346	2,254	16,67	17

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil perhitungan pada **Gambar 5.21** dan **Tabel 5.42** tersebut, diketahui bahwa pada saat n-cerucuk asumsi = 10, maka n-cerucuk hitung berjumlah 10 pula sehingga dapat disimpulkan

bahwa jumlah cerucuk yang dibutuhkan untuk perencanaan timbunan tanah sirtu pada STA 153+500 adalah sebanyak 10 batang cerucuk untuk satu lereng timbunan. Rekapitulasi perhitungan kebutuhan cerucuk / *micropile* pada seluruh STA selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Karena timbunannya memiliki 2 sisi lereng timbunan, maka jumlah total cerucuk yang dibutuhkan yaitu :

$$n = 10 \text{ batang}$$

$$\Sigma n = 10 \times 2$$

$$= 20 \text{ batang}$$

Kemudian dari beberapa nilai SF yang berbeda, dilakukan perhitungan yang sama sehingga didapatkan jumlah kebutuhan *micropile* yang terbanyak pada timbunan di STA yang ditinjau. Rekapitulasi jumlah kebutuhan *micropile* yang terbanyak tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.43**.

Tabel 5.43 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan *Micropile* Terbanyak; (a) STA 151+000, (b) STA 153+250, (c) STA 153+500, (d) STA 153+800

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Micropile				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,341	1101,4989	6 batang	5,5	4,2	3,0	7,2
2	1,328	999,36145	6 batang	5,5	4,0	3,0	7,0
3	1,307	1106,3168	6 batang	5,5	4,1	3,5	7,6
4	1,247	344,09623	4 batang	5,5	0,1	2,0	2,1
5	1,354	665,08715	4 batang	5,5	3,7	3,0	6,7

(a)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Micropile				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,246	2148,6035	14 batang	5,5	4,6	3,0	7,6
2	1,238	1857,9144	12 batang	5,5	4,2	3,0	7,2
3	1,221	1106,3168	14 batang	5,5	4,3	3,0	7,3
4	1,219	2259,2953	12 batang	5,5	4,5	3,5	8,0
5	1,264	1325,2595	10 batang	5,5	3,9	3,0	6,9

(b)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Micropile				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,098	4030,9836	20 batang	5,5	4,6	4,5	9,1
2	1,108	4634,657	14 batang	5,5	4,8	5,0	9,8
3	1,102	1106,3168	14 batang	5,5	4,6	5,0	9,6
4	1,113	3436,407	14 batang	5,5	4,3	4,5	8,8
5	1,124	4713,3808	16 batang	5,5	4,9	4,5	9,4

(c)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Micropile				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,19	3154,7059	12 batang	5,5	4,8	4,0	8,8
2	1,185	2687,4684	12 batang	5,5	4,4	4,0	8,4
3	1,169	1106,3168	12 batang	5,5	4,4	4,0	8,4
4	1,167	3170,2057	10 batang	5,5	4,6	4,5	9,1
5	1,204	2055,2824	10 batang	5,5	4,1	4,0	8,1

(d)

5.8.2 Perbandingan Perencanaan *Micropile* Antara Timbunan Tanah Sirtu dan Timbunan Mortar Busa

Tabel 5.44 di bawah ini menampilkan hasil perhitungan jumlah kebutuhan cerucuk / *micropile* yang terbanyak pada timbunan tanah sirtu yang memiliki nilai SF di bawah $SF_{rencana} = 1,5$.

Tabel 5.44 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan *Micropile* Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Micropile				
				Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor	Panjang Di Bawah Bidang Longsor	Panjang Total (m)
151+000	4,5	1,307	1106,317	6 batang	5,5	4,1	3,5	7,6
153+250	5	1,246	2148,604	14 batang	5,5	4,6	3,0	7,6
153+500	6,5	1,098	4030,984	20 batang	5,5	4,6	4,5	9,1
153+800	5,5	1,190	3154,706	12 batang	5,5	4,8	4,0	8,8

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa timbunan mortar busa cenderung membutuhkan perkuatan *micropile* yang lebih sedikit atau bahkan tidak membutuhkannya sama sekali sebagai perkuatan tanah dasar jika dibandingkan dengan timbunan tanah sirtu.

Kemudian, jika melihat perhitungan panjang total satu buah cerucuk pada **Tabel 5.44** di atas, diketahui bahwa panjang cerucuk yang harus ditancap mulai dari tanah dasar adalah sepanjang 7,6 s.d. 9,1 m. Karena panjang maksimum cerucuk ukuran 20 x 20 adalah 6 meter, maka dibutuhkan sambungan antar cerucuk. Namun, sambungan antar cerucuk tersebut akan mengakibatkan faktor tekuk pada cerucuk / faktor kegagalan sambungan yang akan membuat kekuatan cerucuk berkurang sehingga perencanaan perkuatan dengan cerucuk (*micropile*) menjadi tidak efektif.

Oleh karena itu, dilakukan perhitungan sekali lagi dengan menggunakan tiang pancang dengan spesifikasi bahan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

Type = WIKA BETON PC *Spun Pile*

D = 500 mm

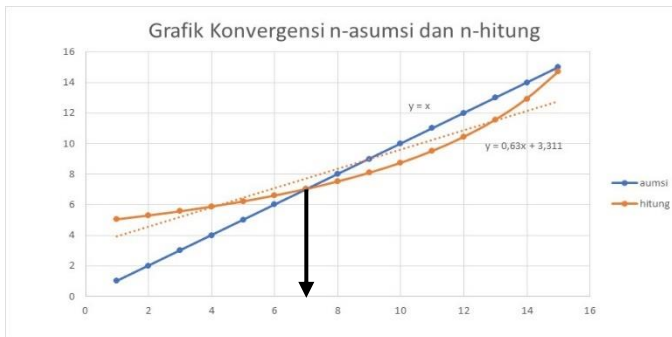
Class = C

Length = 6 – 16 m

M_{cr} = 17 ton-m = 170 kN-m

$$\begin{aligned}
 M_n &= 34 \text{ ton-m} = 340 \text{ kN-m} \\
 F'_c &= 40 \text{ MPa} \\
 E &= 4700 \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \sqrt{40} = 29725,4 \text{ MPa} = 297254 \text{ kg/cm}^2 \\
 I &= \frac{1}{4} \pi r^4 \\
 &= \frac{1}{4} \pi r^4 = 306796 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan cara perhitungan yang sama, dilakukan konvergensi antara n-asumsi dan n-hitung. Hasil rekapitulasi konvergensi tersebut ditunjukkan oleh **Gambar 5.22** dan **Tabel 5.45**.



Gambar 5.22 Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Tiang Pancang Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.45 Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang Pada Timbunan Tanah Sirtu STA 153+500

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
50,48776	1	0,28	1,7	5,5	0,995	1,004	1,093	55,20	5
50,48776	2	0,28	1,7	5,5	0,995	0,957	1,042	52,62	5
50,48776	3	0,28	1,7	5,5	0,995	0,91	0,991	50,04	6
50,48776	4	0,28	1,7	5,5	0,995	0,863	0,940	47,45	6
50,48776	5	0,28	1,7	5,5	0,995	0,816	0,889	44,87	6
50,48776	6	0,28	1,7	5,5	0,995	0,769	0,837	42,28	7
50,48776	7	0,28	1,7	5,5	0,995	0,722	0,786	39,70	7
50,48776	8	0,28	1,7	5,5	0,995	0,675	0,735	37,11	8
50,48776	9	0,28	1,7	5,5	0,995	0,628	0,684	34,53	8
50,48776	10	0,28	1,7	5,5	0,995	0,581	0,633	31,95	9
50,48776	11	0,28	1,7	5,5	0,995	0,534	0,582	29,36	10
50,48776	12	0,28	1,7	5,5	0,995	0,487	0,530	26,78	10
50,48776	13	0,28	1,7	5,5	0,995	0,44	0,479	24,19	12
50,48776	14	0,28	1,7	5,5	0,995	0,393	0,428	21,61	13
50,48776	15	0,28	1,7	5,5	0,995	0,346	0,377	19,02	15

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari hasil perhitungan pada **Gambar 5.22** dan **Tabel 5.45** tersebut, dapat disimpulkan bahwa jumlah tiang pancang yang dibutuhkan untuk perencanaan timbunan tanah sirtu pada STA 153+500 adalah sebanyak 7 batang untuk satu lereng timbunan. Kemudian karena timbunannya memiliki 2 sisi lereng timbunan, maka jumlah total cerucuk yang dibutuhkan yaitu :

$$\begin{aligned}
 n &= 7 \text{ batang} \\
 \Sigma n &= 7 \times 2 \\
 &= 14 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

Kemudian sama halnya dengan perhitungan *micropile* sebelumnya, dilakukan perhitungan yang sama sehingga didapatkan jumlah kebutuhan tiang pancang yang terbanyak pada timbunan di STA yang ditinjau. Rekapitulasi jumlah kebutuhan tiang pancang yang terbanyak tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.46**.

Tabel 5.46 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang Terbanyak; (a) STA 151+000, (b) STA 153+250, (c) STA 153+500, (d) STA 153+800

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,341	1101,4989	4 batang	5,5	4,2	3,0	7,2
2	1,328	999,36145	4 batang	5,5	4,0	3,0	7,0
3	1,307	1106,3168	4 batang	5,5	4,1	3,0	7,1
4	1,247	344,09623	2 batang	5,5	0,1	3,0	3,1
5	1,354	665,08715	4 batang	5,5	3,7	3,0	6,7

(a)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,246	2148,6035	8 batang	5,5	4,6	3,0	7,6
2	1,238	1857,9144	8 batang	5,5	4,2	3,0	7,2
3	1,221	1106,3168	8 batang	5,5	4,3	3,0	7,3
4	1,219	2259,2953	6 batang	5,5	4,5	3,5	8,0
5	1,264	1325,2595	6 batang	6	4	3	7

(b)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,098	4030,984	14 batang	5,5	4,6	3,5	8,1
2	1,108	4634,657	16 batang	5,5	4,8	3,5	8,3
3	1,102	1106,317	10 batang	5,5	4,6	3,5	8,1
4	1,113	3436,407	12 batang	5,5	4,3	3,5	7,8
5	1,124	4713,381	8 batang	5,5	4,9	4,0	8,9

(c)

No.	SF	ΔMR (kNm)	Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang				
			Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor (m)	Panjang Total (m)
1	1,19	3154,706	12 batang	5,5	4,8	3,0	7,8
2	1,185	2687,468	12 batang	5,5	4,4	3,0	7,4
3	1,169	1106,317	12 batang	5,5	4,4	3,0	7,4
4	1,167	3170,206	8 batang	5,5	4,6	3,5	8,1
5	1,204	2055,282	10 batang	5,5	4,1	3,0	7,1

(d)

Kemudian **Tabel 5.47** di bawah ini menampilkan hasil perhitungan jumlah kebutuhan tiang pancang yang terbanyak pada timbunan tanah sirtu. Rekapitulasi perhitungan kebutuhan tiang pancang pada seluruh STA selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Tabel 5.47 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang
Terbanyak Pada Timbunan Tanah Sirtu

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	SF	ΔMR	Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang				
				Jumlah Batang / m	Jarak Antar Pile (m)	Panjang Di Atas Bidang Longsor (m)	Panjang Di Bawah Bidang Longsor	Panjang Total (m)
151+000	4,5	1,341	1101,499	4 batang	5,5	4,2	3,0	7,2
153+250	5,0	1,246	2148,604	8 batang	5,5	4,6	3,0	7,6
153+500	6,5	1,108	4634,657	16 batang	5,5	4,8	3,5	8,3
153+800	5,5	1,190	3154,706	12 batang	5,5	4,8	3,0	7,8

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari tabel di atas, diketahui bahwa panjang tiang pancang yang harus ditancap adalah sepanjang 7,2 s.d. 8,3 m. Karena panjang tiang pancang adalah 6 – 16 m, maka tidak membutuhkan sambungan sehingga kekuatan tiang pancang menjadi lebih efektif dari segi kekuatan. Oleh karena itu, dengan pertimbangan yaitu perencanaan jangka panjang, maka direkomendasikan perkuatan tiang pancang sebagai perkuatan tanah dasar daripada *micropile*.

Dari hasil perhitungan perencanaan perkuatan antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa timbunan mortar busa jauh lebih stabil dalam menahan beban yang bekerja di atasnya daripada timbunan tanah sirtu.

5.9 Perhitungan Biaya Material

Setelah didapatkan hasil analisis perencanaan timbunan, PVD, serta perkuatan antara timbunan tanah sirtu dan timbunan mortar busa, dilakukan perhitungan biaya material / bahan yang diperlukan untuk perencanaan tersebut. Dari hasil perhitungan biaya material nantinya akan dilakukan perbandingan untuk menentukan harga perencanaan mana yang lebih murah.

5.9.1 Analisis Tingkat Inflasi Rata – rata

Sebelum menghitung biaya, mula – mula dilakukan analisis tingkat inflasi rata – rata agar dapat menghitung korelasi antara harga satuan biaya material dengan tingkat inflasi tersebut.

Dalam Tugas Akhir ini, diambil data tingkat inflasi per bulan dengan rentang waktu 10 tahun, yaitu dari tahun 2006 s.d. 2016 (sumber : www.bi.go.id). Dari data per bulan tersebut, kemudian dicari nilai tingkat inflasi per tahunnya. Setelah itu, barulah dapat ditentukan tingkat inflasi rata – rata dari kurun waktu 10 tahun tersebut.

Dari hasil analisis didapatkan nilai tingkat inflasi rata – rata mulai dari tahun 2006 s.d. 2016 adalah sebesar 6,64 %. Analisis tingkat inflasi rata – rata selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

5.9.2 Perhitungan Biaya Material Timbunan

- Biaya Material Tanah Sirtu

Harga satuan material tanah sirtu adalah sebesar Rp 163.300,00 per m³ (HSPK 2016). Perhitungan korelasi harga dengan nilai tingkat inflasi rata – rata yaitu sebagai berikut :

Th. 2016

Harga tanah sirtu = Rp 163.300,00

Th. 2017

$$\begin{aligned}\text{Harga korelasi} &= (100\% + 6,64\%) \times \text{Rp } 163.300,00 \\ &= 1,0664 \times 163300 \\ &= \text{Rp } 174.140,27\end{aligned}$$

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya material timbunan yang memakai material tanah sirtu pada STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

STA 150+250

$$H_{\text{initial}} = 3,3 \text{ m}$$

$$A = 110,22 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Harga} &= 250 \text{ m} \times A \times \text{Harga korelasi} \\ &= 250 \times 110,22 \times 174140,27 \\ &= \text{Rp } 4.798.435.267,19\end{aligned}$$

- Biaya Material Mortar Busa

Harga satuan material mortar busa sebesar Rp 800.000,00 per m³. Perhitungan korelasi harga dengan nilai tingkat inflasi rata – rata yaitu sebagai berikut :

Th. 2016

Harga mortar busa = Rp 800.000,00

Th. 2017

$$\begin{aligned}\text{Harga korelasi} &= (100\% + 6,64\%) \times \text{Rp } 800.000,00 \\ &= 1,0664 \times 800000 \\ &= \text{Rp } 853.106,06\end{aligned}$$

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya material timbunan yang memakai material mortar busa pada STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

STA 150+250

$$\begin{aligned}
 H_{\text{initial}} &= 3,5 \text{ m} \\
 A &= 115,5 \text{ m}^2 \\
 \text{Harga} &= 250 \text{ m} \times A \times \text{Harga korelasi} \\
 &= 250 \times 115,5 \times 853106,06 \\
 &= \text{Rp } 24.633.437.500,00
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya material tanah sirtu untuk timbunan pada setiap STA ditunjukkan pada **Tabel 5.48**, sedangkan untuk biaya material mortar busa ditunjukkan pada **Tabel 5.49**.

Tabel 5.48 Rekapitulasi Perhitungan Biaya
Material Tanah Sirtu Pada Timbunan STA
150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hinitial (m)	Luas Penampang (m2)	Harga
150+250	3,3	110,22	Rp4.798.435.267,19
150+500	3,2	107,52	Rp4.680.890.581,82
150+750	7,9	349,18	Rp15.201.575.273,06
151+000	5,7	277,02	Rp12.060.084.718,89
151+250	3,2	120,32	Rp5.238.139.460,61
151+500	3,8	153,52	Rp6.683.503.739,96
151+750	3,3	130,02	Rp5.660.429.626,56
152+000	3,2	107,52	Rp4.680.890.581,82
152+250	3,8	153,52	Rp6.683.503.739,96
152+500	3,3	130,02	Rp5.660.429.626,56
152+750	3,8	145,92	Rp6.352.637.218,18
153+000	4,6	187,68	Rp8.170.661.685,23
153+250	6,2	295,12	Rp12.848.069.461,55
153+500	8,0	352,00	Rp18.389.213.000,00
153+800	6,8	315,52	Rp10.988.947.889,70
154+000	5,7	242,82	Rp10.571.185.370,88
154+250	2,9	157,18	Rp4.105.705.254,74
154+400	2,9	128,18	Rp5.580.325.100,24
		Harga Total =	Rp148.354.627.596,95

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.49 Rekapitulasi Perhitungan Biaya
Material Mortar Busa Pada Timbunan STA
150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hinitial (m)	Luas Penampang (m2)	Harga
150+250	3,5	115,50	Rp24.633.437.500,00
150+500	3,9	125,58	Rp26.783.264.772,73
150+750	7,2	328,32	Rp70.022.945.454,55
151+000	5,1	253,98	Rp54.167.969.318,18
151+250	4,0	144,00	Rp30.711.818.181,82
151+500	3,8	153,52	Rp32.742.210.606,06
151+750	3,5	136,50	Rp29.112.244.318,18
152+000	3,9	125,58	Rp26.783.264.772,73
152+250	3,8	153,52	Rp32.742.210.606,06
152+500	3,5	136,50	Rp29.112.244.318,18
152+750	3,8	145,92	Rp31.121.309.090,91
153+000	4,1	171,38	Rp36.551.329.166,67
153+250	5,5	269,50	Rp57.478.020.833,33
153+500	7,1	325,18	Rp83.223.908.636,36
153+800	6,0	288,00	Rp49.138.909.090,91
154+000	5,3	230,02	Rp49.057.864.015,15
154+250	3,9	203,58	Rp26.051.299.772,73
154+400	3,9	164,58	Rp35.101.048.863,64
		Harga Total =	Rp724.535.299.318,18

(Sumber: Hasil Analisis)

5.9.3 Perhitungan Biaya *Overlay*

Apabila dalam perencanaan timbunan jalan tidak menggunakan PVD, maka perlu dilakukan perhitungan biaya untuk pekerjaan *overlay* sesuai dengan tahun pelaksanaannya. Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya *overlay* periode pertama pada timbunan di STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

- Timbunan Tanah Sirtu

STA 151+000

Tahun *overlay* – 1 = tahun 2021 (tahun ke – 4)

Harga Korelasi = Rp 225.191,18

$H_{overlay}$ = 0,25 m

A = 14,875 m²

Harga = 250 m x A x Harga korelasi
 = 250 m x 14,875 x 225191,18
 = Rp 837.429.718,92

- Timbunan Mortar Busa

STA 151+000

Tahun *overlay* – 1 = tahun 2053 (tahun ke – 36)

Harga Korelasi = Rp 8.627.251,87

$H_{overlay}$ = 0,25 m

A = 14,875 m²

Harga = 250 m x A x Harga korelasi
 = 250 m x 14,875 x 8627251,87
 = Rp 32.082.592.879,67

Perhitungan biaya *overlay* untuk timbunan tanah sirtu ditunjukkan pada **Tabel 5.50**, sedangkan biaya *overlay* untuk timbunan mortar busa ditunjukkan pada **Tabel 5.51**.

Tabel 5.50 Rekapitulasi Perhitungan Biaya *Overlay* Pada Timbunan Tanah Sirtu
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Harga Pelaksanaan Awal	Luas Penampang (m2)	Harga Overlay Pertama	Harga Overlay Kedua	Harga Overlay Ketiga	Harga Overlay Keempat	Harga Overlay Kelima	Harga Total
150+250	Rp4.798.435.267,19	9,875	Rp592.845.515,91	Rp1.367.133.933,22				Rp6.758.414.716,32
150+500	Rp4.680.890.581,82	9,875	Rp592.845.515,91	Rp1.457.887.805,11				Rp6.731.623.902,84
150+750	Rp15.201.575.273,06	14,875	Rp690.572.449,90	Rp952.301.459,06	Rp991.393.030,65	Rp1.885.281.753,62	Rp6.393.284.479,86	Rp26.114.408.446,14
151+000	Rp12.060.084.718,89	14,875	Rp837.429.718,92	Rp1.931.158.378,85	Rp4.943.924.938,49	Rp68.945.594.329,82		Rp88.718.192.084,97
151+250	Rp5.238.139.460,61	10,875	Rp791.722.197,67	Rp6.602.420.044,24				Rp12.632.281.702,51
151+500	Rp6.683.503.739,96	11,875	Rp810.707.393,84	Rp3.126.352.759,19	Rp46.884.390.879,25			Rp57.504.954.772,24
151+750	Rp5.660.429.626,56	11,375	Rp828.123.218,25	Rp3.872.647.141,59	Rp192.803.611.257,90			Rp203.164.811.244,31
152+000	Rp4.680.890.581,82	9,875	Rp766.643.928,25	Rp3.823.135.647,17				Rp9.270.670.157,24
152+250	Rp6.683.503.739,96	11,875	Rp810.707.393,84	Rp3.126.352.759,19	Rp46.884.390.879,25			Rp57.504.954.772,24
152+500	Rp5.660.429.626,56	11,375	Rp828.123.218,25	Rp3.872.647.141,59	Rp192.803.611.257,90			Rp203.164.811.244,31
152+750	Rp6.352.637.218,18	11,375	Rp776.572.345,68	Rp2.994.716.853,54	Rp75.311.481.057,32			Rp85.435.407.474,72
153+000	Rp8.170.661.685,23	12,375	Rp792.250.793,67	Rp2.215.497.821,54	Rp19.529.329.937,26			Rp30.707.740.237,70
153+250	Rp12.848.069.461,55	14,875	Rp837.429.718,92	Rp1.698.211.635,62	Rp3.948.197.129,07	Rp29.897.646.051,57		Rp49.229.553.996,73
153+500	Rp18.389.213.000,00	14,875	Rp785.299.514,41	Rp1.231.477.867,10	Rp2.267.110.969,54	Rp6.393.284.479,86	Rp53.315.607.068,64	Rp82.381.992.899,55
153+800	Rp10.988.947.889,70	14,875	Rp785.299.514,41	Rp1.493.364.185,41	Rp3.193.513.871,94	Rp22.208.203.236,13		Rp38.669.328.697,60
154+000	Rp10.571.185.370,88	13,375	Rp620.934.891,92	Rp752.983.024,58				Rp11.945.103.287,38
154+250	Rp4.105.705.254,74	14,875	Rp736.414.427,87					Rp4.842.119.682,61
154+400	Rp5.580.325.100,24	12,375	Rp612.647.297,13					Rp6.192.972.397,37
							Harga Total =	Rp980.969.341.716,77

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.51 Rekapitulasi Perhitungan Biaya *Overlay* Pada Timbunan Mortar Busa
STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Harga Pelaksanaan Awal	Luas Penampang (m2)	Harga Overlay Pertama	Harga Overlay Kedua	Harga Overlay Ketiga	Harga Overlay Keempat	Harga Overlay Kelima	Harga Total
150+250	Rp24.633.437.500,00	9,875						Rp24.633.437.500,00
150+500	Rp26.783.264.772,73	9,875	Rp37.981.048.758,52					Rp64.764.313.531,25
150+750	Rp70.022.945.454,55	14,875	Rp3.097.122.490,07	Rp10.502.825.431,81				Rp83.622.893.376,42
151+000	Rp54.167.969.318,18	14,875	Rp32.082.592.879,67					Rp86.250.562.197,85
151+250	Rp30.711.818.181,82	10,875	Rp393.439.564.747,20					Rp424.151.382.929,01
151+500	Rp32.742.210.606,06	11,875	Rp707.347.602.756,21					Rp740.089.813.362,27
151+750	Rp29.112.244.318,18	11,375						Rp29.112.244.318,18
152+000	Rp26.783.264.772,73	9,875	Rp316.735.893.427,46					Rp343.519.158.200,18
152+250	Rp32.742.210.606,06	11,875	Rp602.320.555.148,98					Rp635.062.765.755,04
152+500	Rp29.112.244.318,18	11,375						Rp29.112.244.318,18
152+750	Rp31.121.309.090,91	11,375	Rp642.304.145.031,50					Rp673.425.454.122,41
153+000	Rp36.551.329.166,67	12,375	Rp166.558.529.885,26					Rp203.109.859.051,93
153+250	Rp57.478.020.833,33	14,875	Rp20.458.706.796,54					Rp77.936.727.629,88
153+500	Rp83.223.908.636,36	14,875	Rp9.460.665.664,93	Rp409.590.092.256,26				Rp502.274.666.557,55
153+800	Rp49.138.909.090,91	14,875	Rp11.566.402.690,72					Rp60.705.311.781,63
154+000	Rp49.057.864.015,15	13,375	Rp3.971.622.260,10					Rp53.029.486.275,25
154+250	Rp26.051.299.772,73	14,875						Rp26.051.299.772,73
154+400	Rp35.101.048.863,64	12,375						Rp35.101.048.863,64
							Harga Total =	Rp4.091.952.669.543,40

(Sumber: Hasil Analisis)

5.9.4 Perhitungan Biaya PVD

Harga satuan material PVD berukuran 100 mm x 4 mm adalah Rp 3.500,00. Perhitungan biaya untuk pemasangan PVD adalah hasil kali jumlah titik PVD yang diperlukan sepanjang timbunan dengan kedalaman tanah dasar yang terlayani oleh PVD serta dengan harga satuan.

Perhitungan korelasi harga dengan nilai tingkat inflasi rata – rata yaitu sebagai berikut :

Th. 2016

Harga PVD = Rp 3.500,00

Th. 2017

$$\begin{aligned}\text{Harga korelasi} &= (100\% + 6,64\%) \times \text{Rp } 3.500,00 \\ &= 1,0664 \times 3500 \\ &= \text{Rp } 3.732,34\end{aligned}$$

- Biaya PVD Untuk Timbunan Tanah Sirtu

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya PVD untuk timbunan tanah sirtu pada STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

STA 150+250

PVD = 1B (PVD pola segitiga dengan jarak 1 m)

Jumlah titik = 10203 titik

$$\begin{aligned}\text{Harga} &= \text{Jumlah titik} \times \text{Kedalaman PVD} \times \text{Harga korelasi} \\ &= 10203 \times 15 \times \text{Rp } 3.732,34 \\ &= \text{Rp } 571.215.824,57\end{aligned}$$

- Biaya PVD Untuk Timbunan Mortar Busa

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya PVD untuk timbunan mortar busa pada STA 150+250 yaitu sebagai berikut :

STA 150+250

PVD = 1C (PVD pola segitiga dengan jarak 1,1 m)

Jumlah titik = 8135 titik

Harga = Jumlah titik x Kedalaman PVD x Harga korelasi
 = 8135 x 15 x Rp 3.732,34
 = Rp 455.438.668,32

Perhitungan biaya PVD yang diperlukan untuk timbunan tanah sirtu pada setiap STA ditunjukkan pada **Tabel 5.52**, sedangkan perhitungan biaya PVD yang diperlukan untuk timbunan mortar busa ditunjukkan pada **Tabel 5.53**.

Tabel 5.52 Rekapitulasi Perhitungan Biaya PVD
Untuk Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 –
STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Tanah Sirtu		
	PVD	Jumlah Titik PVD	Harga
150+250	1B	10203	Rp571.215.824,57
150+500	1B	10203	Rp571.215.824,57
150+750	1G	6380	Rp357.184.843,75
151+000	1B	15397	Rp862.002.357,24
151+250	1B	11316	Rp633.527.224,43
151+500	1B	12244	Rp685.481.383,52
151+750	1B	11873	Rp664.710.916,90
152+000	1B	10203	Rp571.215.824,57
152+250	1B	12244	Rp685.481.383,52
152+500	1B	11873	Rp664.710.916,90
152+750	1B	11873	Rp664.710.916,90
153+000	1B	12800	Rp716.609.090,91
153+250	2B	15060	Rp843.135.383,52
153+500	2C	15984	Rp894.865.602,27
153+800	2B	12060	Rp675.180.127,84
154+000	1E	2088	Rp46.758.743,18
154+250	1B	8798	Rp197.022.711,93
154+400	1B	12800	Rp286.643.636,36
		Harga Total =	Rp10.591.672.712,93

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.53 Rekapitulasi Perhitungan Biaya PVD
Untuk Timbunan Mortar Busa STA 150+250 –
STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Mortar Busa		
	PVD	Jumlah Titik PVD	Harga
150+250	1C	8135	Rp455.438.668,32
150+500	1C	8135	Rp455.438.668,32
150+750	1G	6380	Rp357.184.843,75
151+000	1B	15397	Rp862.002.357,24
151+250	1B	11316	Rp633.527.224,43
151+500	1B	12244	Rp685.481.383,52
151+750	1B	11873	Rp664.710.916,90
152+000	1B	10203	Rp571.215.824,57
152+250	1B	12244	Rp685.481.383,52
152+500	1B	11873	Rp664.710.916,90
152+750	1B	11873	Rp664.710.916,90
153+000	1B	12800	Rp716.609.090,91
153+250	1B	12244	Rp685.481.383,52
153+500	1C	14746	Rp825.556.066,76
153+800	2B	12060	Rp675.180.127,84
154+000	2D	9152	Rp204.950.200,00
154+250	1C	7354	Rp164.685.726,70
154+400	1C	10208	Rp228.598.300,00
		Harga Total =	Rp10.200.964.000,14

(Sumber: Hasil Analisis)

5.9.5 Perhitungan Biaya Perkuatan

- Biaya Perkuatan *Geotextile*

Harga satuan *geotextile* tipe *woven* dengan berat 250 gr/m² adalah Rp 9.100,00 per m². Perhitungan korelasi harga dengan nilai tingkat inflasi rata – rata yaitu sebagai berikut :

Th. 2016

Harga *geotextile* = Rp 9.100,00

Th. 2017

Harga korelasi = (100% + 6,64%) x Rp 9.100,00
 = 1,0664 x 9100
 = Rp 9.704,08

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya *geotextile* untuk timbunan tanah sirtu pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

STA 151+000

Harga = 250 m x L_{tot} *geotextile* x Harga korelasi
 = 250 x 24 x 9.704,08
 = Rp 57.496.682,53

Perhitungan biaya perkuatan *geotextile* selengkapnya ditunjukkan pada **Tabel 5.54** di bawah ini

Tabel 5.54 Rekapitulasi Perhitungan Biaya *Geotextile* Untuk
Timbunan STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Tanah Sirtu	Harga	Timbunan Mortar Busa	Harga
	Ltot Geotextile		Ltot Geotextile	
150+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+000	24	Rp57.496.682,53	0	Rp0,00
151+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+250	24	Rp58.467.090,67	0	Rp0,00
153+500	13	Rp37.845.917,61	0	Rp0,00
153+800	24	Rp46.773.672,54	0	Rp0,00
154+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+400	0	Rp0,00	0	Rp0,00
	Harga Total =	Rp200.583.363,35	Harga Total =	Rp0,00

(Sumber: Hasil Analisis)

- Biaya Perkuatan *Micropile* dan Tiang Pancang
Perhitungan biaya untuk pemasangan adalah hasil kali jumlah titik yang diperlukan sepanjang timbunan dengan harga satuan. Harga satuan tahun 2017 untuk tiang pancang beton produksi WIKA BETON dengan diameter 50 cm adalah Rp 5.500.000,00 / batang.
Harga satuan cerucuk dengan ukuran 20 cm x 20 cm adalah Rp 120.000 / batang. Perhitungan korelasi harga dengan nilai tingkat inflasi rata – rata yaitu sebagai berikut :

Th. 2016

Harga *micropile* = Rp 120.000,00

Th. 2017

$$\begin{aligned}
 \text{Harga korelasi} &= (100\% + 6,64\%) \times \text{Rp } 120.000,00 \\
 &= 1,0664 \times 120000 \\
 &= \text{Rp } 127.965,91
 \end{aligned}$$

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya *micropile* untuk timbunan tanah sirtu pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

STA 151+000

Jumlah titik = 182 titik

$$\begin{aligned}
 \text{Harga} &= \text{Jumlah titik} \times \text{Harga korelasi} \\
 &= 182 \times 127.965,91 \\
 &= \text{Rp } 23.289.795,45
 \end{aligned}$$

Kemudian Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan biaya tiang pancang untuk timbunan tanah sirtu pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

STA 151+000

Jumlah titik = 184 titik

$$\begin{aligned}
 \text{Harga} &= \text{Jumlah titik} \times \text{Harga} \\
 &= 184 \times 5.500.000 \\
 &= \text{Rp } 1.012.000.000,00
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya perkuatan *micropile* selengkapnya ditunjukkan pada **Tabel 5.55**, sedangkan perhitungan biaya perkuatan tiang pancang selengkapnya ditunjukkan pada **Tabel 5.56**.

Tabel 5.55 Rekapitulasi Perhitungan Biaya
Micropile Untuk Timbunan STA 150+250 – STA
154+400

Lokasi Jalan (STA)	Timbunan Tanah Sirtu		Timbunan Mortar Busa	
	Jumlah Micropile	Harga	Jumlah Micropile	Harga
150+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+000	182	Rp23.289.795,45	0	Rp0,00
151+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+250	362	Rp46.323.659,09	0	Rp0,00
153+500	436	Rp55.793.136,36	0	Rp0,00
153+800	218	Rp27.896.568,18	0	Rp0,00
154+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+400	0	Rp0,00	0	Rp0,00
	Harga Total =	Rp153.303.159,09	Harga Total =	Rp0,00

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.56 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Tiang
Pancang Untuk Timbunan STA 150+250 – STA
154+400

Lokasi Jalan	Timbunan Tanah Sirtu		Timbunan Mortar Busa	
	Jumlah Tiang Pancang	Harga	Jumlah Tiang Pancang	Harga
150+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
150+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+000	184	Rp1.012.000.000,00	0	Rp0,00
151+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
151+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+500	0	Rp0,00	0	Rp0,00
152+750	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
153+250	368	Rp2.024.000.000,00	0	Rp0,00
153+500	447	Rp2.458.500.000,00	0	Rp0,00
153+800	180	Rp990.000.000,00	0	Rp0,00
154+000	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+250	0	Rp0,00	0	Rp0,00
154+400	0	Rp0,00	0	Rp0,00
	Harga Total =	Rp6.484.500.000,00	Harga Total =	Rp0,00

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari perhitungan biaya perkuatan yang ditunjukkan pada **Tabel 5.55** dan **Tabel 5.56** di atas, diketahui bahwa biaya tiang pancang sebesar Rp 6.484.500.000,00, sedangkan biaya cerucuk sebesar Rp 153.303.159,09. Dari sini dapat disimpulkan bahwa walaupun tiang pancang merupakan perkuatan yang lebih direkomendasikan, biaya yang diperlukan untuk tiang pancang jauh lebih mahal daripada biaya cerucuk.

5.9.6 Perbandingan Biaya Perencanaan Awal

Rekapitulasi biaya total untuk perencanaan awal timbunan yang memakai tanah sirtu dengan *micropile* ditunjukkan oleh **Tabel 5.57**, sedangkan rekapitulasi biaya total untuk perencanaan awal timbunan yang memakai mortar busa ditunjukkan oleh **Tabel 5.58** di bawah ini.

Tabel 5.57 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan Awal Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400
(Dengan *Micropile*)

Lokasi Jalan (STA)	Biaya Material TANAH SIRTU	Biaya PVD	Biaya Geotextile	Biaya Micropile	Total Biaya
150+250	Rp4.798.435.267,19	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.369.651.091,76
150+500	Rp4.680.890.581,82	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.252.106.406,39
150+750	Rp15.201.575.273,06	Rp357.184.843,75	Rp0,00	Rp0,00	Rp15.558.760.116,81
151+000	Rp12.060.084.718,89	Rp862.002.357,24	Rp57.496.682,53	Rp23.289.795,45	Rp13.002.873.554,12
151+250	Rp5.238.139.460,61	Rp633.527.224,43	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.871.666.685,04
151+500	Rp6.683.503.739,96	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.368.985.123,48
151+750	Rp5.660.429.626,56	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp6.325.140.543,47
152+000	Rp4.680.890.581,82	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.252.106.406,39
152+250	Rp6.683.503.739,96	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.368.985.123,48
152+500	Rp5.660.429.626,56	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp6.325.140.543,47
152+750	Rp6.352.637.218,18	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.017.348.135,09
153+000	Rp8.170.661.685,23	Rp716.609.090,91	Rp0,00	Rp0,00	Rp8.887.270.776,14
153+250	Rp12.848.069.461,55	Rp843.135.383,52	Rp58.467.090,67	Rp46.323.659,09	Rp13.795.995.594,84
153+500	Rp18.389.213.000,00	Rp894.865.602,27	Rp37.845.917,61	Rp55.793.136,36	Rp19.377.717.656,25
153+800	Rp10.988.947.889,70	Rp675.180.127,84	Rp46.773.672,54	Rp27.896.568,18	Rp11.738.798.258,26
154+000	Rp10.571.185.370,88	Rp46.758.743,18	Rp0,00	Rp0,00	Rp10.617.944.114,06
154+250	Rp4.105.705.254,74	Rp197.022.711,93	Rp0,00	Rp0,00	Rp4.302.727.966,68
154+400	Rp5.580.325.100,24	Rp286.643.636,36	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.866.968.736,60
				Harga Total =	Rp159.300.186.832,32

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.58 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan
Awal Timbunan Mortar Busa STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Biaya Material MORTAR BUSA	Biaya PVD	Biaya <i>Geotextile</i>	Biaya <i>Micropile</i>	Total Biaya
150+250	Rp24.633.437.500,00	Rp455.438.668,32	Rp0,00	Rp0,00	Rp25.088.876.168,32
150+500	Rp26.783.264.772,73	Rp455.438.668,32	Rp0,00	Rp0,00	Rp27.238.703.441,05
150+750	Rp70.022.945.454,55	Rp357.184.843,75	Rp0,00	Rp0,00	Rp70.380.130.298,30
151+000	Rp54.167.969.318,18	Rp862.002.357,24	Rp0,00	Rp0,00	Rp55.029.971.675,43
151+250	Rp30.711.818.181,82	Rp633.527.224,43	Rp0,00	Rp0,00	Rp31.345.345.406,25
151+500	Rp32.742.210.606,06	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp33.427.691.989,58
151+750	Rp29.112.244.318,18	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp29.776.955.235,09
152+000	Rp26.783.264.772,73	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp27.354.480.597,30
152+250	Rp32.742.210.606,06	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp33.427.691.989,58
152+500	Rp29.112.244.318,18	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp29.776.955.235,09
152+750	Rp31.121.309.090,91	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp31.786.020.007,81
153+000	Rp36.551.329.166,67	Rp716.609.090,91	Rp0,00	Rp0,00	Rp37.267.938.257,58
153+250	Rp57.478.020.833,33	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp58.163.502.216,86
153+500	Rp83.223.908.636,36	Rp825.556.066,76	Rp0,00	Rp0,00	Rp84.049.464.703,13
153+800	Rp49.138.909.090,91	Rp675.180.127,84	Rp0,00	Rp0,00	Rp49.814.089.218,75
154+000	Rp49.057.864.015,15	Rp204.950.200,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp49.262.814.215,15
154+250	Rp26.051.299.772,73	Rp164.685.726,70	Rp0,00	Rp0,00	Rp26.215.985.499,43
154+400	Rp35.101.048.863,64	Rp228.598.300,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp35.329.647.163,64
				Harga Total =	Rp734.736.263.318,32

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari rekapitulasi hasil perhitungan pada **Tabel 5.57** dan **Tabel 5.58**, diketahui bahwa biaya total perencanaan awal untuk timbunan tanah sirtu yang memakai cerucuk sebesar Rp 159.300.186.832,32, sedangkan biaya total perencanaan awal untuk timbunan mortar busa sebesar Rp 734.736.263.318,32. Dari hasil perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa perencanaan awal keseluruhan yang lebih murah adalah perencanaan timbunan dengan memakai material tanah sirtu.

Kemudian apabila perencanaan timbunan dengan material tanah sirtu dengan tiang pancang sebagai perkuatan tanah dasar yang direkomendasikan, maka perhitungan biaya total untuk perencanaan awalnya ditunjukkan pada **Tabel 5.59**.

Tabel 5.59 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Total Perencanaan
Awal Timbunan Tanah Sirtu STA 150+250 – STA 154+400
(Dengan Tiang Pancang)

Lokasi Jalan (STA)	Biaya Material TANAH SIRTU	Biaya PVD	Biaya <i>Geotextile</i>	Biaya Tiang Pancang	Total Biaya
150+250	Rp4.798.435.267,19	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.369.651.091,76
150+500	Rp4.680.890.581,82	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.252.106.406,39
150+750	Rp15.201.575.273,06	Rp357.184.843,75	Rp0,00	Rp0,00	Rp15.558.760.116,81
151+000	Rp12.060.084.718,89	Rp862.002.357,24	Rp57.496.682,53	Rp1.012.000.000,00	Rp13.991.583.758,66
151+250	Rp5.238.139.460,61	Rp633.527.224,43	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.871.666.685,04
151+500	Rp6.683.503.739,96	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.368.985.123,48
151+750	Rp5.660.429.626,56	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp6.325.140.543,47
152+000	Rp4.680.890.581,82	Rp571.215.824,57	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.252.106.406,39
152+250	Rp6.683.503.739,96	Rp685.481.383,52	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.368.985.123,48
152+500	Rp5.660.429.626,56	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp6.325.140.543,47
152+750	Rp6.352.637.218,18	Rp664.710.916,90	Rp0,00	Rp0,00	Rp7.017.348.135,09
153+000	Rp8.170.661.685,23	Rp716.609.090,91	Rp0,00	Rp0,00	Rp8.887.270.776,14
153+250	Rp12.848.069.461,55	Rp843.135.383,52	Rp58.467.090,67	Rp2.024.000.000,00	Rp15.773.671.935,75
153+500	Rp18.389.213.000,00	Rp894.865.602,27	Rp37.845.917,61	Rp2.458.500.000,00	Rp21.780.424.519,89
153+800	Rp10.988.947.889,70	Rp675.180.127,84	Rp46.773.672,54	Rp990.000.000,00	Rp12.700.901.690,08
154+000	Rp10.571.185.370,88	Rp46.758.743,18	Rp0,00	Rp0,00	Rp10.617.944.114,06
154+250	Rp4.105.705.254,74	Rp197.022.711,93	Rp0,00	Rp0,00	Rp4.302.727.966,68
154+400	Rp5.580.325.100,24	Rp286.643.636,36	Rp0,00	Rp0,00	Rp5.866.968.736,60
				Harga Total =	Rp165.631.383.673,23

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari rekapitulasi hasil perhitungan pada **Tabel 5.59**, diketahui bahwa biaya total perencanaan awal untuk timbunan tanah sirtu yang memakai kekuatan tiang pancang adalah sebesar Rp 165.631.383.673,00.

Dari hasil perhitungan ini, penulis dapat menyimpulkan bahwa perencanaan yang paling efektif secara keseluruhan adalah perencanaan timbunan dengan memakai material tanah sirtu dengan PVD kedalaman penuh dan dengan ditambah kekuatan timbunan berupa *geotextile* dan tiang pancang.

Kemudian jika total biaya pada tabel di atas dibandingkan dengan perhitungan biaya *overlay* sebelumnya (**Tabel 5.50** dan **Tabel 5.51**), biaya untuk perencanaan timbunan yang menggunakan PVD jauh lebih murah sehingga perencanaan

timbunan tanpa menggunakan PVD / hanya merencanakan *overlay* saja tidak dianjurkan, terutama apabila memakai material mortar busa karena total biayanya yang sangat mahal yaitu sebesar Rp 4.091.952.669.543,40

5.10 Evaluasi Metode *Material Replacement* Dengan *Selected Material*

Secara umum metode *material replacement* merupakan metode mengganti lapisan tanah dasar dengan material lain yang telah ditentukan (*selected material*). Dalam Proyek Jalan Tol Solo – Kertosono, metode ini dipakai sebagai metode alternatif perbaikan tanah dasar.

Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan evaluasi metode *material replacement* dalam bentuk perhitungan dan perbandingan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh metode ini baik dari segi pemampatan tanah dasar (S_c) maupun tinggi pelaksanaan timbunan ($H_{initial}$).

Perlu diingat bahwa evaluasi ini dilakukan hanya untuk mengetahui apakah terjadi perubahan nilai yang signifikan pada saat sebelum dan sesudah metode *material replacement* ini dilakukan. Perhitungan untuk evaluasi akan dilakukan dengan 2 (dua) kondisi yaitu :

1. *Selected material* dianggap sebagai tanah dasar



Gambar 5.23 Ilustrasi Metode *Material Replacement* Kondisi 1
(Sumber: Hasil Analisis)

2. *Selected material* dianggap sebagai beban merata segiempat



Gambar 5.24 Ilustrasi Metode *Material Replacement* Kondisi 2
(Sumber: Hasil Analisis)

5.10.1 Evaluasi Kondisi 1 Untuk Timbunan Tanah Sirtu

Selected material berupa pasir padat yang digunakan sebagai pengganti tanah dasar setebal 2 meter akan mengakibatkan terjadinya pemampatan segera (*immidiate settlement*) pada lapisan tanah dasarnya.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan segera (*immediate settlement*) sedalam 2 meter pada STA 151+000 yang memakai timbunan material tanah sirtu dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$ dan beban lalu lintas sebesar 2 kN/m^2 . Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 2 dan data spesifikasi *selected material* tersebut telah dijelaskan di Sub-Subbab 4.1.3.

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

Perhitungan tegangan *overburden* efektif lapisan 1 :

$$\sigma'_o = \gamma' \times \frac{1}{2} h$$

$$\sigma'_o = 8,5 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan :

H = 3 m :

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{qo}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{a+b}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{55,5}{180} \left[\left\{ \left(\frac{6+21}{6} \right) \right\} (0,30302 + 86,64) - \frac{21}{6} \times 86,64 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 27,750 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 2 \times 27,750 \text{ kN/m}^2$$

$$= 55,500 \text{ kN/m}^2$$

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement* :

H = 3 m :

$$\Delta p = I \times qo$$

$$\Delta p = 0,25 \times 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

3. Perhitungan Pemampatan Segera (S_i)

Besar pemampatan segera (*immediate settlement*) dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2.13) dan (2.14). Perhitungan pemampatan segera sedalam 2 meter adalah sebagai berikut :

H = 3 m :

$$q_{\text{surcharge}} = q_o = 57,7 \text{ kN/m}^2$$

$$E = E' \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right)$$

$$E' = \frac{E}{\left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right)}$$

$$E' = \frac{34500}{\left(1 - \frac{2 \times 0,25^2}{1 - 0,25} \right)} = 41400 \text{ kN/m}^2$$

$$Si = q \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right)$$

$$Si = 57,7 \times \left(\frac{2}{41400} \right) = 0,00279 \text{ m}$$

Kemudian dengan cara perhitungan yang sama, pemampatan segera (*immediate settlement*) yang terjadi akibat timbunan tanah sirtu setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.60 Rekapitulasi *Immediate Settlement* Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Si (m)
3	57,7	0,00279
5	94,7	0,00457
7	131,7	0,00636
9	168,7	0,00815

(Sumber: Hasil Analisis)

Perlu diingat bahwa pemampatan segera hanya terjadi ketika lapisan tanah dasarnya berupa pasir / tanah non – kohesif sehingga pemampatan konsolidasi (S_c) di kedalaman 3 m dan seterusnya tetap terjadi.

Perhitungan total pemampatan tanah dasar yang terjadi (termasuk *immediate settlement* dan *consolidation settlement*) berdasarkan Persamaan (2.7) akibat timbunan tanah sirtu setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.61 Rekapitulasi Nilai Total Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Stot (m)
3	57,7	0,563
5	94,7	0,870
7	131,7	1,109
9	168,7	1,304

(Sumber: Hasil Analisis)

Untuk perhitungan $H_{initial}$ dan H_{final} timbunan yang tanah dasarnya telah diganti dengan material lain, caranya tetap sama. Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) pada STA 151+000 yang memakai data tanah 2 yaitu sebagai berikut :

- $S_c \text{ total } (q_0 = 57,7 \text{ kN/m}^2) = 0,563 \text{ m}$
- $\gamma_{timb} = 18,5 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{sat-timb} = 18,5 \text{ kN/m}^3$

$$H_{Initial} = \frac{q_{rencana} + (S_c \times (\gamma_{timb} + \gamma_w - \gamma_{sat-timb}))}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{Initial} = \frac{57,7 + (0,563 \times (18,5 + 10 - 18,5))}{18,5}$$

$$H_{Initial} = 3,423 \text{ m}$$

Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{q_{LL}}{\gamma_{timb}} = \frac{2}{18,5} = 0,11 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 3,423 - 0,11 - 0,563 + 0,1$$

$$H_{final} = 2,85 \text{ m}$$

Perhitungan $H_{initial}$ dan H_{final} untuk tinggi timbunan 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5.62**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.25**, sedangkan hubungan antara H_{final} dan S_c ditunjukkan pada **Gambar 5.26**. Perhitungan pada STA 151+000 yang memiliki $H_{final} = 4,5 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$H_{Initial} = 1,1303x + 0,2311$$

$$H_{Initial} = 1,1303 (4,5) + 0,2311$$

$$H_{Initial} = 5,317 \text{ m}$$

$$S_c = 0,1303x + 0,223$$

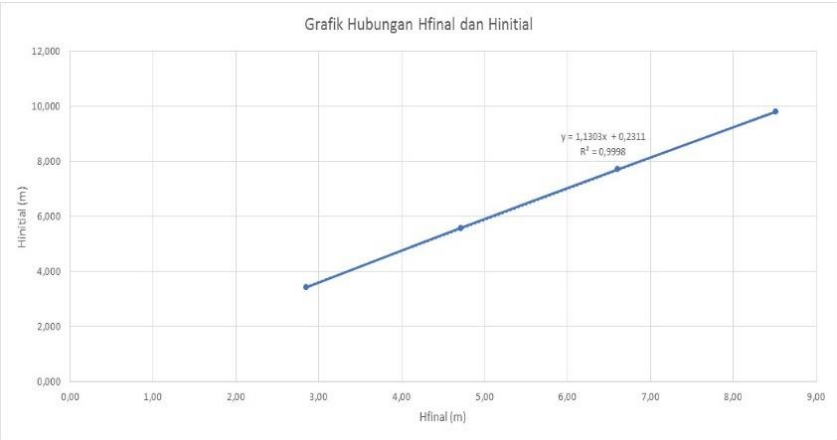
$$S_c = 0,1303 (4,5) + 0,223$$

$$S_c = 0,809 \text{ m}$$

Tabel 5.62 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

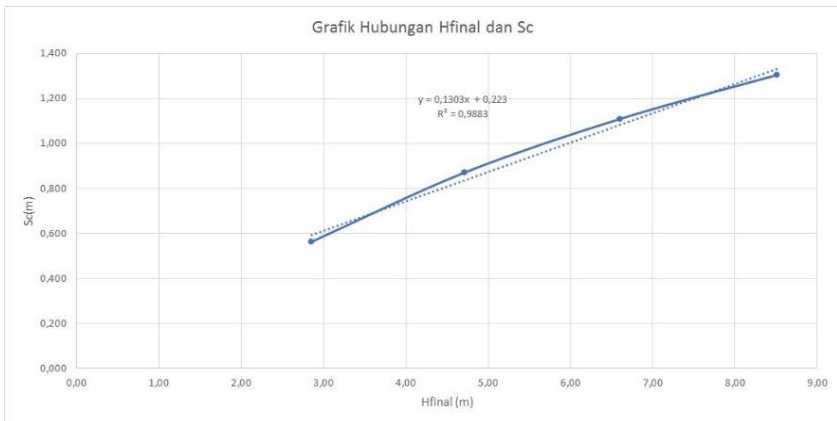
H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,423	0,563	0,11	0,1	2,85
5	94,7	5,589	0,870	0,11	0,1	4,71
7	131,7	7,718	1,109	0,11	0,1	6,60
9	168,7	9,824	1,304	0,11	0,1	8,51

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.25 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.26 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)
(Sumber: Hasil Analisis)

5.10.2 Evaluasi Kondisi 1 Untuk Timbunan Mortar Busa

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan segera (*immediate settlement*) sedalam 2 meter pada STA 151+000 yang memakai timbunan material mortar busa dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$ dan beban lalu lintas sebesar 2 kN/m^2 . Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 2 dan data spesifikasi *selected material* tersebut telah dijelaskan di Sub-Subbab 4.1.3.

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

Perhitungan tegangan *overburden* efektif lapisan 1 :

$$\sigma'_o = \gamma' x \frac{1}{2} h$$

$$\sigma'_o = 8,5 \text{ kN/m}^2 \times 0,5$$

$$\sigma'_o = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base :

$$\mathbf{H_{base} = 0,3 \text{ m} :}$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_0}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{2,4}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(0,6+21)}{0,6} \right) \right\} (0,237+81,335) - \frac{21}{0,6} x 81,335 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 1,198 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 2 x 1,198 \text{ kN/m}^2 \\ &= 2,397 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{H_{Subbase} = 2,7 \text{ m} :}$$

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase :

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{q_0}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = \frac{16,2}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(5,4+21,6)}{5,4} \right) \right\} (0,265+88,674) - \frac{21,6}{5,4} x 88,674 \right]$$

$$\frac{1}{2} \Delta p = 8,1 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 2 x 8,1 \text{ kN/m}^2 \\ &= 16,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement* :

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

$$\Delta p = I x q_0$$

$$\Delta p = 0,25 x 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

3. Perhitungan Pemampatan Segera (Si)

Perhitungan pemampatan segera sedalam 2 meter adalah sebagai berikut :

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

$$q_{\text{surcharge}} = q_0 = 20,8 \text{ kN/m}^2$$

$$E = E' \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right)$$

$$E' = \frac{E}{\left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right)}$$

$$E' = \frac{34500}{\left(1 - \frac{2 \times 0,25^2}{1 - 0,25} \right)} = 41400 \text{ kN/m}^2$$

$$Si = q \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right)$$

$$Si = 20,8 \times \left(\frac{2}{41400} \right) = 0,001005 \text{ m}$$

Kemudian dengan cara perhitungan yang sama, pemampatan segera (*immediate settlement*) yang terjadi akibat timbunan mortar busa setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.63 Rekapitulasi *Immediate Settlement* Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Si (m)
3	20,8	0,001005
5	32,8	0,001585
7	44,8	0,002164
9	56,8	0,002744

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan total pemampatan tanah dasar yang terjadi akibat timbunan mortar busa setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.64 Rekapitulasi Nilai Total Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Stot (m)
3	20,8	0,125
5	32,8	0,290
7	44,8	0,432
9	56,8	0,556

(Sumber: Hasil Analisis)

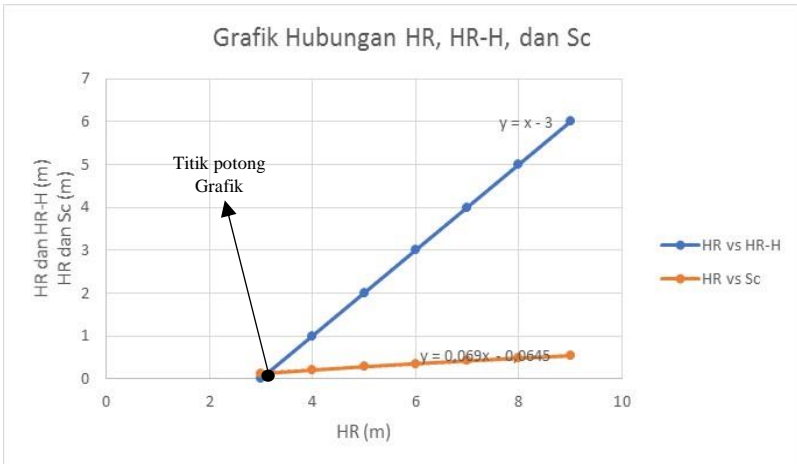
Untuk mencari H_{initial} , maka dilakukan dengan metode grafis. Diasumsikan bahwa tinggi timbunan yang ingin dicari adalah $H = 3 \text{ m}$. Kemudian H_{rencana} ditentukan mulai dari 3 m hingga 9 m dengan besar pemampatan (Sc) yang telah dihitung.

Tabel 5.65 Penentuan H_{Final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,125
4	1	0,212
5	2	0,29
6	3	0,361
7	4	0,432
8	5	0,487
9	6	0,556

(Sumber: Hasil Analisis)

Kedua kurva pada **Tabel 5.65** akan menghasilkan titik potong seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 5.27** di bawah ini.



Gambar 5.27 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)
(Sumber: Hasil Analisis)

Dari 2 (dua) persamaan yang terdapat dalam grafik, bisa didapatkan $H_{initial}$ untuk ketinggian timbunan 3 m dengan cara mencari nilai titik potong dari dua grafik tersebut. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 y_1 &= y_2 \\
 x - 3 &= 0,069x - 0,0645 \\
 x - 0,069x &= 3 - 0,0645 \\
 0,931x &= 2,9355 \\
 x &= 3,153 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kemudian sama seperti dengan perhitungan H_{final} pada timbunan tanah sirtu sebelumnya, Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{q_{LL}}{\gamma_{timbbase}} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 3,153 - 0,25 - 0,125 + 0,1$$

$$H_{final} = 2,878 \text{ m}$$

Selanjutnya dibuat grafik dan dilakukan perhitungan kembali dengan cara yang sama pada variasi ketinggian timbunan setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.66**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.28**, sedangkan hubungan antara H_{final} dan S_c ditunjukkan pada **Gambar 5.29**.

Perhitungan pada STA 151+000 yang memiliki $H_{final} = 4,5 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$H_{-Initial} = 1,0717x + 0,0795$$

$$H_{-Initial} = 1,0717 (4,5) + 0,0795$$

$$H_{-Initial} = 4,902 \text{ m}$$

$$S_c = 0,0717x - 0,0705$$

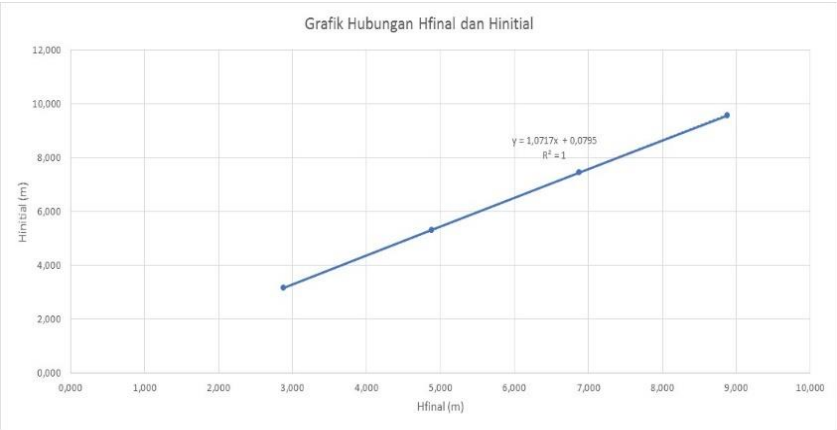
$$S_c = 0,0717 (4,5) - 0,0705$$

$$S_c = 0,252 \text{ m}$$

Tabel 5.66 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan S_c
Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)

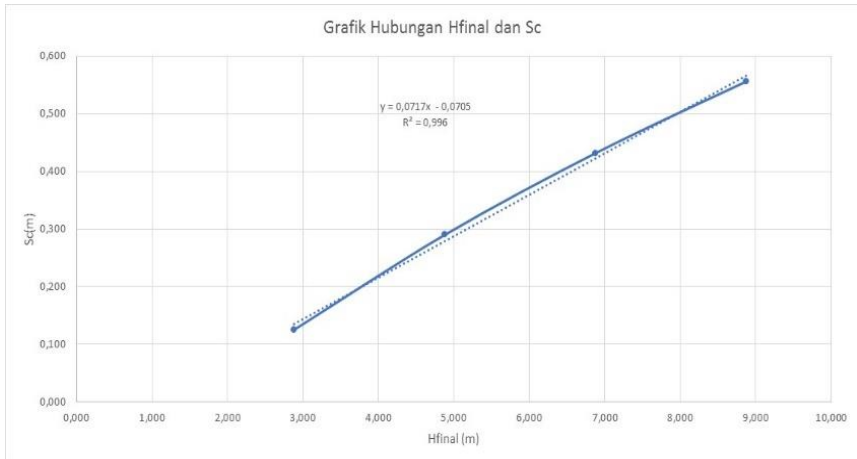
H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,153	0,125	0,25	0,1	2,878
5	32,8	5,322	0,290	0,25	0,1	4,881
7	44,8	7,461	0,432	0,25	0,1	6,879
9	56,8	9,581	0,556	0,25	0,1	8,875

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.28 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan
Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement*
(Kondisi 1)

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.29 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 1)
(Sumber: Hasil Analisis)

5.10.3 Evaluasi Kondisi 2 Untuk Timbunan Tanah Sirtu

Apabila *selected material* dianggap bukan sebagai tanah dasar melainkan sebagai beban merata segiempat, maka akan menghasilkan distribusi tegangan terhadap tanah dasarnya.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan tanah dasar pada STA 151+000 yang memakai timbunan material tanah sirtu dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$, beban lalu lintas sebesar 2 kN/m^2 serta *selected material* sebagai beban merata segiempat. Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 2.

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

Perhitungan tegangan *overburden* efektif lapisan 1 :

$$\begin{aligned}\sigma'_o &= \gamma' x \frac{1}{2} h \\ \sigma'_o &= 6,66 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 \\ \sigma'_o &= 3,33 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan :

H = 3 m :

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} \Delta p &= \frac{qo}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{a+b}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right] \\ \frac{1}{2} \Delta p &= \frac{55,5}{180} \left[\left\{ \left(\frac{6+21}{6} \right) \right\} (1,4988 + 83,21) - \frac{21}{6} x 83,21 \right] \\ \frac{1}{2} \Delta p &= 27,736 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta p &= 2 x 27,736 \text{ kN/m}^2 \\ &= 55,473 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement* :

H = 3 m :

$$\begin{aligned}\Delta p &= I x qo \\ \Delta p &= 0,25 x 2,2 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta p &= 0,55 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Distribusi Tegangan Akibat Beban Merata Segiempat :

H = 3 m :

$$\begin{aligned}\Delta p &= I x qo \\ \Delta p &= I x (H x \gamma_{timb}) \\ \Delta p &= 0,25 x (2 x 18,5) \text{ kN/m}^2 \\ \Delta p &= 9,25 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3. Perhitungan Pemampatan Konsolidasi (S_c)

Perhitungan pemampatan tanah dasar pada lapisan pertama sebagai berikut :

H = 3 m :

$$S_c = \left[\frac{H}{1 + e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \right]$$

$$S_c = \left[\frac{1}{1 + 1,3388} 0,11112 \log \frac{18,3324}{3,3324} \right] + \left[\frac{1}{1 + 1,3388} 0,4929 \log \frac{3,3324 + 65,273}{18,3324} \right]$$

$$S_c = 0,156005 \text{ m}$$

Total pemampatan tanah dasar (S_c) yang terjadi di seluruh kedalaman tanah lunak akibat timbunan tanah sirtu setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.67 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Tanah Sirtu di STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Sc (m)
3	94,7	0,863
5	131,7	1,189
7	168,7	1,438
9	205,7	1,639

(Sumber: Hasil Analisis)

Perhitungan H_{initial} dan H_{final} sama seperti perhitungan sebelumnya. Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan tinggi timbunan awal (H_{initial}) pada STA 151+000 yang memakai data tanah 2 yaitu sebagai berikut :

- $S_c \text{ total } (q_o = 94,7 \text{ kN/m}^2) = 0,863 \text{ m}$
- $\gamma_{\text{timb}} = 18,5 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{sat-timb}} = 18,5 \text{ kN/m}^3$

$$H_{Initial} = \frac{q_{rencana} + (S_c \times (\gamma_{timb} + \gamma_w - \gamma_{sat-timb}))}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{Initial} = \frac{94,7 + (0,863 \times (18,5 + 10 - 18,5))}{18,5}$$

$$H_{Initial} = 5,586 \text{ m}$$

Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{q_{LL}}{\gamma_{timb}} = \frac{2}{18,5} = 0,11 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 5,586 - 0,11 - 0,863 + 0,1$$

$$H_{final} = 4,714 \text{ m}$$

Perhitungan $H_{initial}$ dan H_{final} untuk tinggi timbunan 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5.68**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.30**, sedangkan hubungan antara H_{final} dan S_c ditunjukkan pada **Gambar 5.31**.

Perhitungan pada STA 151+000 yang memiliki $H_{final} = 4,5 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$H_{Initial} = 1,1367x + 0,2619$$

$$H_{Initial} = 1,1367 (4,5) + 0,2619$$

$$H_{Initial} = 5,377 \text{ m}$$

$$S_c = 0,1367x + 0,2538$$

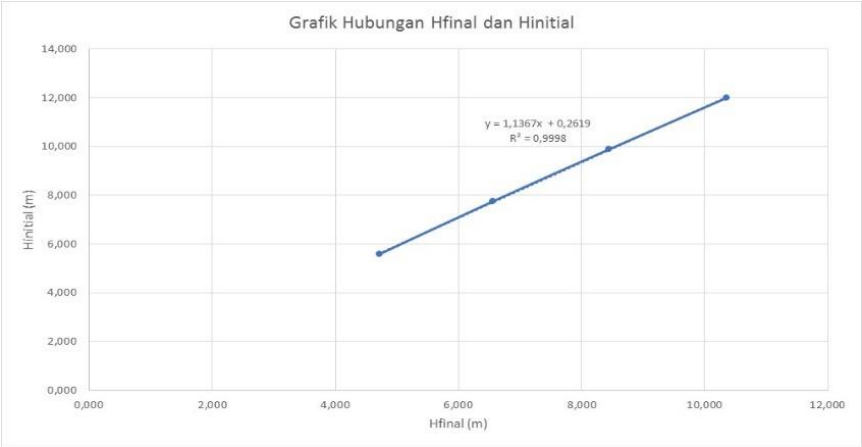
$$S_c = 0,1367 (4,5) + 0,2538$$

$$S_c = 0,869 \text{ m}$$

Tabel 5.68 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan Sc
Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)

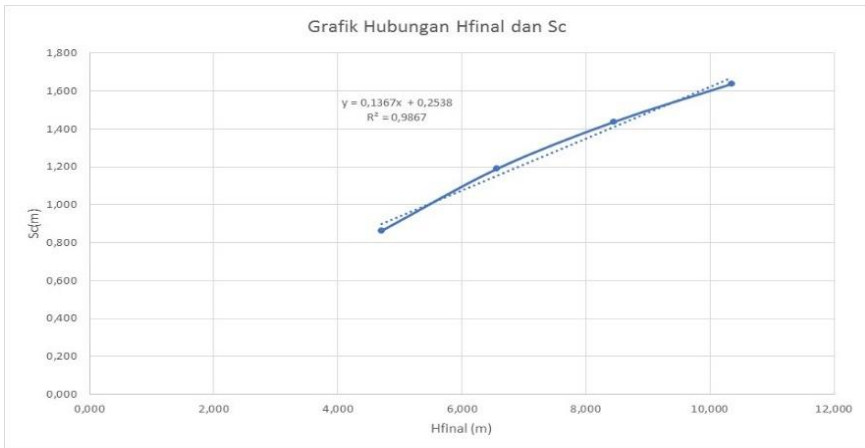
H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	H _{initial} (m)	Sc (m)	H _{hongkar} (m)	H pavement (m)	H _{final} (m)
3	94,7	5,586	0,863	0,11	0,1	4,714
5	131,7	7,762	1,189	0,11	0,1	6,564
7	168,7	9,896	1,438	0,11	0,1	8,450
9	205,7	12,005	1,639	0,11	0,1	10,358

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.30 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan
Tanah Sirtu STA 151+000 000 Setelah *Material Replacement*
(Kondisi 2)

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.31 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Tanah Sirtu STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)
(Sumber: Hasil Analisis)

5.10.4 Evaluasi Kondisi 2 Untuk Timbunan Mortar Busa

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan pemampatan tanah dasar pada STA 151+000 yang memakai timbunan material mortar busa dengan beban perkerasan jalan 10 cm sebesar $2,2 \text{ kN/m}^2$, beban lalu lintas sebesar 2 kN/m^2 serta *selected material* sebagai beban merata segiempat. Data tanah yang digunakan pada STA ini adalah data tanah 2.

1. Tegangan *overburden* efektif (σ'_o)

Perhitungan tegangan *overburden* efektif lapisan 1 :

$$\sigma'_o = \gamma' x \frac{1}{2} h$$

$$\sigma'_o = 6,66 \text{ kN/m}^2 \times 0,5$$

$$\sigma'_o = 3,33 \text{ kN/m}^2$$

2. Distribusi Tegangan ($\Delta\sigma'$)

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base :

$$\mathbf{H_{base} = 0,3 \text{ m} :}$$

$$\frac{1}{2}\Delta p = \frac{qo}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2}\Delta p = \frac{2,4}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(0,6+21)}{0,6} \right) \right\} (0,37192+76,092) - \frac{21}{0,6} x 76,092 \right]$$

$$\frac{1}{2}\Delta p = 1,193 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 2 x 1,193 \text{ kN/m}^2 \\ &= 2,386 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{H_{Subbase} = 2,7 \text{ m} :}$$

- Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase :

$$\frac{1}{2}\Delta p = \frac{qo}{\pi} \left[\left\{ \left(\frac{(a+b)}{a} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_a) - \frac{b}{a} x \alpha_2 \right]$$

$$\frac{1}{2}\Delta p = \frac{16,2}{180} \left[\left\{ \left(\frac{(5,4+21,6)}{5,4} \right) \right\} (1,312+83,39) - \frac{21,6}{5,4} x 83,39 \right]$$

$$\frac{1}{2}\Delta p = 8,096 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 2 x 8,096 \text{ kN/m}^2 \\ &= 16,192 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

- Distribusi Tegangan Akibat *Pavement* :

$$H_{timb} = 3 \text{ m} :$$

$$\Delta p = I x qo$$

$$\Delta p = 0,25 x 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$\mathbf{H = 3 \text{ m} :}$$

- Distribusi Tegangan Akibat Beban Merata Segiempat :

$$H_{timb} = 3 \text{ m} :$$

$$\Delta p = I x qo$$

$$\begin{aligned}\Delta p &= I \times (H \times \gamma_{timb}) \\ \Delta p &= 0,25 \times (2 \times 18,5) \text{ kN/m}^2 \\ \Delta p &= 9,25 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

3. Perhitungan Pemampatan Konsolidasi (S_c)

Perhitungan pemampatan tanah dasar pada lapisan pertama sebagai berikut :

H = 3 m :

$$\begin{aligned}S_c &= \left[\frac{H}{1 + e_o} C_s \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right] + \left[\frac{H}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \right] \\ S_c &= \left[\frac{1}{1 + 1,3388} 0,11112 \log \frac{18,3324}{3,3324} \right] + \left[\frac{1}{1 + 1,3388} 0,4929 \log \frac{3,3324 + 28,379}{18,3324} \right] \\ S_c &= 0,085369 \text{ m}\end{aligned}$$

Total pemampatan tanah dasar (S_c) yang terjadi di seluruh kedalaman tanah lunak akibat timbunan mortar busa setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m adalah sebagai berikut :

Tabel 5.69 Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Dengan Variasi Tinggi Timbunan Mortar Busa di STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	S_c (m)
3	57,8	0,380
5	69,8	0,566
7	81,8	0,721
9	93,8	0,855

(Sumber: Hasil Analisis)

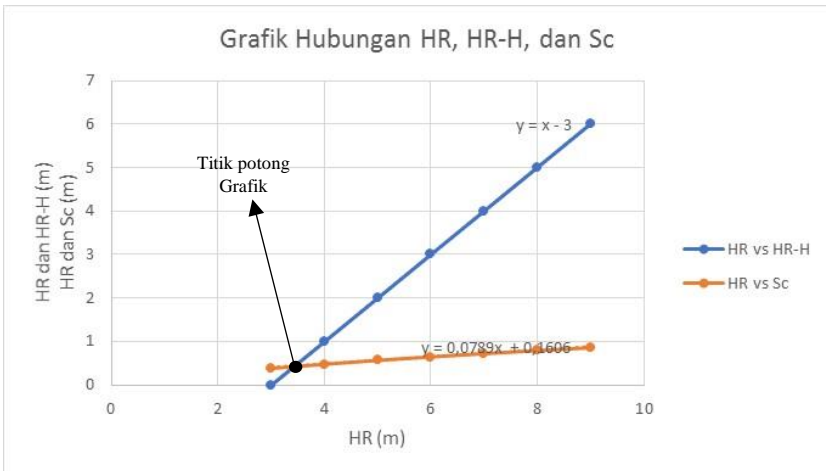
Untuk mencari $H_{initial}$, maka dilakukan dengan metode grafis. Diasumsikan bahwa tinggi timbunan yang ingin dicari adalah $H = 3 \text{ m}$. Kemudian $H_{rencana}$ ditentukan mulai dari 3 m hingga 9 m dengan besar pemampatan yang telah dihitung.

Tabel 5.70 Penentuan H_{Final} Pelaksanaan Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,38
4	1	0,477
5	2	0,566
6	3	0,646
7	4	0,721
8	5	0,791
9	6	0,855

(Sumber: Hasil Analisis)

Kedua kurva pada **Tabel 5.70** akan menghasilkan titik potong seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 5.32** di bawah ini.



Gambar 5.32 Grafik Hubungan $H_{rencana}$, $H_{rencana}-H$, dan Sc Pada Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)
(Sumber: Hasil Analisis)

Dari 2 (dua) persamaan yang terdapat dalam grafik, bisa didapatkan $H_{initial}$ untuk ketinggian timbunan 3 m dengan cara mencari nilai titik potong dari dua grafik tersebut. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$y_1 = y_2$$

$$x - 3 = 0,0789x + 0,1606$$

$$x - 0,0789x = 3 + 0,1606$$

$$0,9211x = 3,1606$$

$$x = 3,431 \text{ m}$$

Kemudian sama seperti dengan perhitungan H_{final} pada timbunan tanah sirtu sebelumnya, Perhitungan tinggi timbunan akhir (H_{final}) pada STA 151+000 yaitu sebagai berikut :

- $H_{pavement} = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$
- $q_{LL} = 2 \text{ kN/m}^2$
- $H_{bongkar} = \frac{q_{LL}}{\gamma_{timbbase}} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ m}$

$$H_{final} = H_{initial} - H_{bongkar} - S_c + H_{pavement}$$

$$H_{final} = 3,431 - 0,25 - 0,380 + 0,1$$

$$H_{final} = 2,901 \text{ m}$$

Selanjutnya dibuat grafik dan dilakukan perhitungan kembali dengan cara yang sama pada variasi ketinggian timbunan setinggi 3 m, 5 m, 7 m, dan 9 m. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5.71**. Hubungan antara H_{final} dan $H_{initial}$ kemudian dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5.33**, sedangkan hubungan antara H_{final} dan S_c ditunjukkan pada **Gambar 5.34**.

Perhitungan pada STA 151+000 yang memiliki $H_{final} = 4,5 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$H-Initial = 1,0791x + 0,3137$$

$$H-Initial = 1,0791 (4,5) + 0,3137$$

$$H-Initial = 5,170 \text{ m}$$

$$S_c = 0,0791x + 0,1637$$

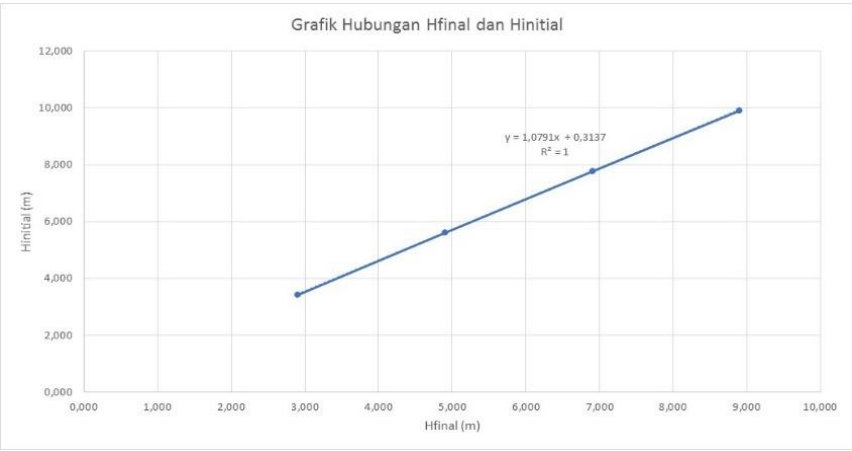
$$S_c = 0,0791 (4,5) + 0,1637$$

$$S_c = 0,995 \text{ m}$$

Tabel 5.71 Rekapitulasi Perhitungan $H_{initial}$, H_{final} , dan Sc
Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,8	3,431	0,380	0,25	0,1	2,901
5	69,8	5,620	0,566	0,25	0,1	4,904
7	81,8	7,777	0,721	0,25	0,1	6,906
9	93,8	9,911	0,855	0,25	0,1	8,906

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.33 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan $H_{initial}$ Timbunan
Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement*
(Kondisi 2)

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.34 Grafik Hubungan Antara H_{final} dan Sc Timbunan Mortar Busa STA 151+000 Setelah *Material Replacement* (Kondisi 2)
(Sumber: Hasil Analisis)

Setelah evaluasi dengan 2 (dua) kondisi tersebut dihitung, maka selanjutnya adalah dilakukan perbandingan pemampatan tanah dasar (Sc) dan tinggi timbunan awalnya (H_{initial}) untuk melihat kondisi mana yang lebih kritis / kondisi yang harus lebih diperhatikan serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari metode *material replacement* ini sebelum dan sesudah dilakukan.

5.10.5 Perbandingan S_{tot} dan H_{initial} Kondisi 1 dan Kondisi 2

Dari perhitungan evaluasi *material replacement* sebelumnya, nilai pemampatan tanah total (S_{tot}) dan tinggi awal timbunan (H_{initial}) baik dari kondisi 1 maupun kondisi 2 direkapitulasi dan dibandingkan seperti yang ditampilkan pada **Tabel 5.72** di bawah ini.

Tabel 5.72 Rekapitulasi Perbandingan Nilai H_{initial} dan S_{tot} Pada Kondisi 1 dan Kondisi 2

	Timbunan Material Sirtu		Timbunan Mortar Busa	
	H _{initial} (m)	S _{tot} (m)	H _{initial} (m)	S _{tot} (m)
Kondisi 1	5,317	0,809	4,902	0,252
Kondisi 2	5,377	0,869	5,170	0,520

(Sumber: Hasil Analisis)

Timbunan Tanah Sirtu :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Kondisi 1} \rightarrow H_{\text{initial}} = 5,317 \text{ m} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \Delta H = 0,06 \text{ m} \\
 \text{Kondisi 2} \rightarrow H_{\text{initial}} = 5,377 \text{ m} & & \\
 \text{Kondisi 1} \rightarrow S_{\text{tot}} = 0,809 \text{ m} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \Delta S = 0,06 \text{ m} \\
 \text{Kondisi 2} \rightarrow S_{\text{tot}} = 0,869 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Timbunan Mortar Busa :

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Kondisi 1} \rightarrow H_{\text{initial}} = 4,902 \text{ m} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \Delta H = 0,27 \text{ m} \\
 \text{Kondisi 2} \rightarrow H_{\text{initial}} = 5,170 \text{ m} & & \\
 \text{Kondisi 1} \rightarrow S_{\text{tot}} = 0,252 \text{ m} & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} & \Delta S = 0,27 \text{ m} \\
 \text{Kondisi 2} \rightarrow S_{\text{tot}} = 0,520 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Dari tabel dan perhitungan singkat di atas, diketahui bahwa perbedaan nilai H_{initial} antara kondisi 1 dan kondisi 2 setara dengan perbedaan nilai S_{total} baik untuk timbunan tanah sirtu maupun timbunan mortar busa.

Untuk pemakaian timbunan dengan material tanah sirtu, perbedaan nilai S_{total} antara kondisi 1 dan 2 tidak terlalu signifikan ($\Delta S = 0,06 \text{ m}$), tetapi S_{total} pada timbunan material mortar busa saat kondisi 1 memiliki nilai yang lebih kecil ($\Delta S = 0,27 \text{ m}$) daripada

saat kondisi 2 sehingga dari perhitungan ΔS tersebut, kondisi 2 dianggap merupakan kondisi yang lebih kritis (dimana *selected material* dianggap sebagai beban merata di atas tanah dasar) karena nilai pemampatan totalnya lebih besar daripada kondisi 1.

Kemudian berdasarkan pada **Tabel 5.73**, terlihat bahwa pemampatan yang terjadi pada tanah dasar di bawah timbunan tanah sirtu yang telah menggunakan *material replacement* menghasilkan pemampatan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan sebelum menggunakan *material replacement*. Rata – rata perbedaan yang terjadi adalah sebesar 0,33 m lebih kecil apabila telah menggunakan metode *material replacement*.

Tabel 5.73 Rekapitulasi Perbandingan Nilai S_{tot} Timbunan Tanah Sirtu Sebelum dan Setelah *Material Replacement* STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Stot (m)		$\Delta Stot$ (m)
		Sebelum MR	Setelah MR	
150+250	2,0	0,823	0,544	0,279
150+500	1,5	0,805	0,530	0,274
150+750	6,5	1,489	1,070	0,419
151+000	4,5	1,186	0,809	0,376
151+250	1,5	0,824	0,528	0,296
151+500	2,5	0,911	0,595	0,315
151+750	2,0	0,845	0,544	0,301
152+000	1,5	0,821	0,525	0,296
152+250	2,5	0,911	0,595	0,315
152+500	2,0	0,845	0,544	0,301
152+750	2,5	0,909	0,593	0,315
153+000	3,5	1,022	0,682	0,341
153+250	5,0	1,259	0,866	0,393
153+500	6,5	1,506	1,057	0,449
153+800	5,5	1,342	0,930	0,412
154+000	5,0	0,727	0,376	0,352
154+250	1,5	0,513	0,247	0,266
154+400	1,5	0,513	0,247	0,266
			Rata - Rata =	0,33

(Sumber: Hasil Analisis)

Sedangkan pada **Tabel 5.74**, Rata – rata perbedaan pemampatan yang terjadi pada tanah dasar di bawah timbunan mortar busa adalah sebesar 0,14 m lebih kecil apabila telah menggunakan metode *material replacement*.

Tabel 5.74 Rekapitulasi Perbandingan Nilai S_{tot} Timbunan Mortar Busa Sebelum Dan Setelah *Material Replacement* STA 150+250 – STA 154+400

Lokasi Jalan (STA)	Hfinal (m)	Stot (m)		$\Delta Stot$ (m)
		Sebelum MR	Setelah MR	
150+250	2,0	0,249	0,149	0,099
150+500	1,5	0,290	0,178	0,111
150+750	6,5	0,725	0,433	0,292
151+000	4,5	0,403	0,252	0,151
151+250	1,5	0,301	0,179	0,122
151+500	2,5	0,287	0,170	0,117
151+750	2,0	0,262	0,152	0,110
152+000	1,5	0,298	0,173	0,125
152+250	2,5	0,288	0,167	0,121
152+500	2,0	0,262	0,152	0,110
152+750	2,5	0,287	0,170	0,117
153+000	3,5	0,311	0,187	0,124
153+250	5,0	0,440	0,279	0,161
153+500	6,5	0,585	0,382	0,203
153+800	5,5	0,486	0,314	0,172
154+000	5,0	0,295	0,135	0,159
154+250	1,5	0,206	0,091	0,114
154+400	1,5	0,209	0,091	0,118
			Rata - Rata =	0,14

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari nilai tersebut, bisa ditarik kesimpulan bahwa dalam perencanaan ini, adanya metode *material replacement* dapat mengurangi pemampatan tanah dasar sebesar 0,33 m (untuk timbunan tanah sirtu) dan 0,14 m (untuk timbunan mortar busa).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Tanah dasar yang berada di bawah Proyek Jalan tol Solo – Kertosono cenderung merupakan tanah *soft – medium stiff* yang memiliki nilai N-SPT rata – rata yaitu 5 – 13. Proyek jalan tol ini ditinjau mulai dari STA 150+250 s.d. STA 154+400 yang terbagi dalam 3 zona data tanah dengan rincian sebagai berikut :
 - a) Data Tanah 1 mewakili STA 150+250 – STA 150+750, kedalaman tanah lunak 15 m.
 - b) Data Tanah 2 mewakili STA 151+000 – STA 153+800, kedalaman tanah lunak 15 m.
 - c) Data Tanah 3 mewakili STA 154+000 – STA 154+400, kedalaman tanah lunak 6 m.
2. Besar pemampatan total yang terjadi di bawah timbunan jalan tol dari seluruh STA yang ditinjau berkisar antara 0,5 m – 1,5 m. Namun, dengan adanya metode *material replacement* dapat mengurangi pemampatan tanah dengan rata – rata sebesar 0,33 m.
3. Berdasarkan perencanaan timbunan dengan tinggi yang bervariasi dari STA yang ditinjau, sebagian besar menggunakan pola pemasangan PVD pada alternatif kedalaman penuh adalah pola segitiga dengan jarak 1 m, sedangkan sisanya menggunakan PVD segitiga dan segiempat dengan jarak berkisar antara 1,1 m s.d. 1,5 m.

4. Nilai *Safety Factor* (SF) minimum pada timbunan material tanah sirtu di STA yang ditinjau berkisar antara 1,098 s.d 2,932.
5. Perkuatan timbunan dipasang pada timbunan yang nilai SF-nya masih di bawah $SF_{rencana}$. Dari hasil analisis, dibutuhkan perkuatan *geotextile* tipe *woven* sebanyak 4 – 6 lapis. Total harga yang dibutuhkan untuk perkuatan *geotextile* adalah sebesar Rp 200.583.363,35.
6. Untuk perkuatan tanah dasar, dipilih menggunakan tiang pancang sebanyak 4 – 16 batang. Total harga yang dibutuhkan untuk tiang pancang adalah sebesar Rp 6.484.500.000,00.
7. Berdasarkan hasil studi perbandingan yang telah dilakukan antara perencanaan timbunan dengan material tanah sirtu dan timbunan dengan material mortar busa, dapat diketahui bahwa :
 - a) Timbunan mortar busa memiliki nilai pemampatan tanah dasar yang lebih kecil, berkisar antara 0,2 m – 0,7 m. Namun, dengan adanya metode *material replacement* dapat mengurangi pemampatan tanah dengan rata – rata sebesar 0,14 m.
 - b) Lama waktu untuk pelaksanaan penimbunan bertahap dan penggunaan PVD lebih cepat.
 - c) Timbunan mortar busa cenderung tidak memerlukan perkuatan karena memiliki nilai *Safety Factor* (SF) yang lebih tinggi dari $SF_{rencana}$ (lebih stabil), berkisar antara 2,519 s.d.5,59.
8. Dari kombinasi perencanaan yang ada, dipilih perencanaan timbunan memakai material tanah sirtu dengan PVD kedalaman penuh dan ditambah dengan perkuatan timbunan berupa *geotextile* dan tiang pancang sebagai perencanaan timbunan jalan yang paling efektif.

6.2 Saran

Setelah dilakukan analisis dan perhitungan, penulis dapat memberikan beberapa saran yaitu sebagai berikut :

1. Jika ingin melakukan perencanaan timbunan jalan tol dengan memakai material ringan mortar busa, sebaiknya perlu diperhatikan faktor dana yang dimiliki karena walaupun timbunan dengan material mortar busa lebih stabil, harga materialnya jauh lebih mahal daripada material tanah sirtu.
2. Sebaiknya diperhatikan pula tinggi rencana dan tinggi pelaksanaan penimbunan karena terdapat nilai H_{final} perencanaan dimana $H_{initial}$ timbunan mortar busa justru lebih tinggi daripada timbunan tanah sirtu. Dari hasil analisis, penulis menyarankan menggunakan material mortar busa saat H_{final} timbunan minimal 2,6 m.
3. Sebaiknya pemilihan metode perkuatan timbunan lebih diperhatikan dari segi keefektifan jangka panjangnya. Dari hasil analisis, penulis menyarankan menggunakan perkuatan tiang pancang daripada perkuatan cerucuk / *micropile*.
4. Alangkah baiknya perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai optimasi harga serta penggunaan material mortar busa di berbagai jenis proyek dan lokasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2016. **Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 1725:2016. Pembebanan Untuk Jembatan.** Dewan Standarisasi Indonesia : Jakarta
- Bowles, J.E. 1984. **Physical and Geotechnical Properties of Soil.** United States of America: McGraw-Hill, Inc.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis.** Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya : Erlangga
- Das, Braja M. 1990. **Principle of Foundating Engineering Second Edition.** Boston : PWS – KENT. Publishing Company
- Endah, Noor. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah.** Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Hansbo, S. 1979. **Consolidation Of Clay By Band-Shaped Prefabricated Drains, Ground Engineering,** Vol.12. No. 5.PP.21-25
- Holtz, R.D. dan Kovac, W.D. 1981. **An Introduction to Geotechnical Engineering.** Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall
- Iqbal, Maulana. 2012. **Kajian Penanganan Tanah Lunak Dengan Timbunan Jalan Mortar Busa.** Bandung : Penerbit Informatika
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah**

(Problematic Soils). Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS

Naval Facilities. 1997. **Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NAVFAC DM-7)**. Alexandria : US Department of the Navy

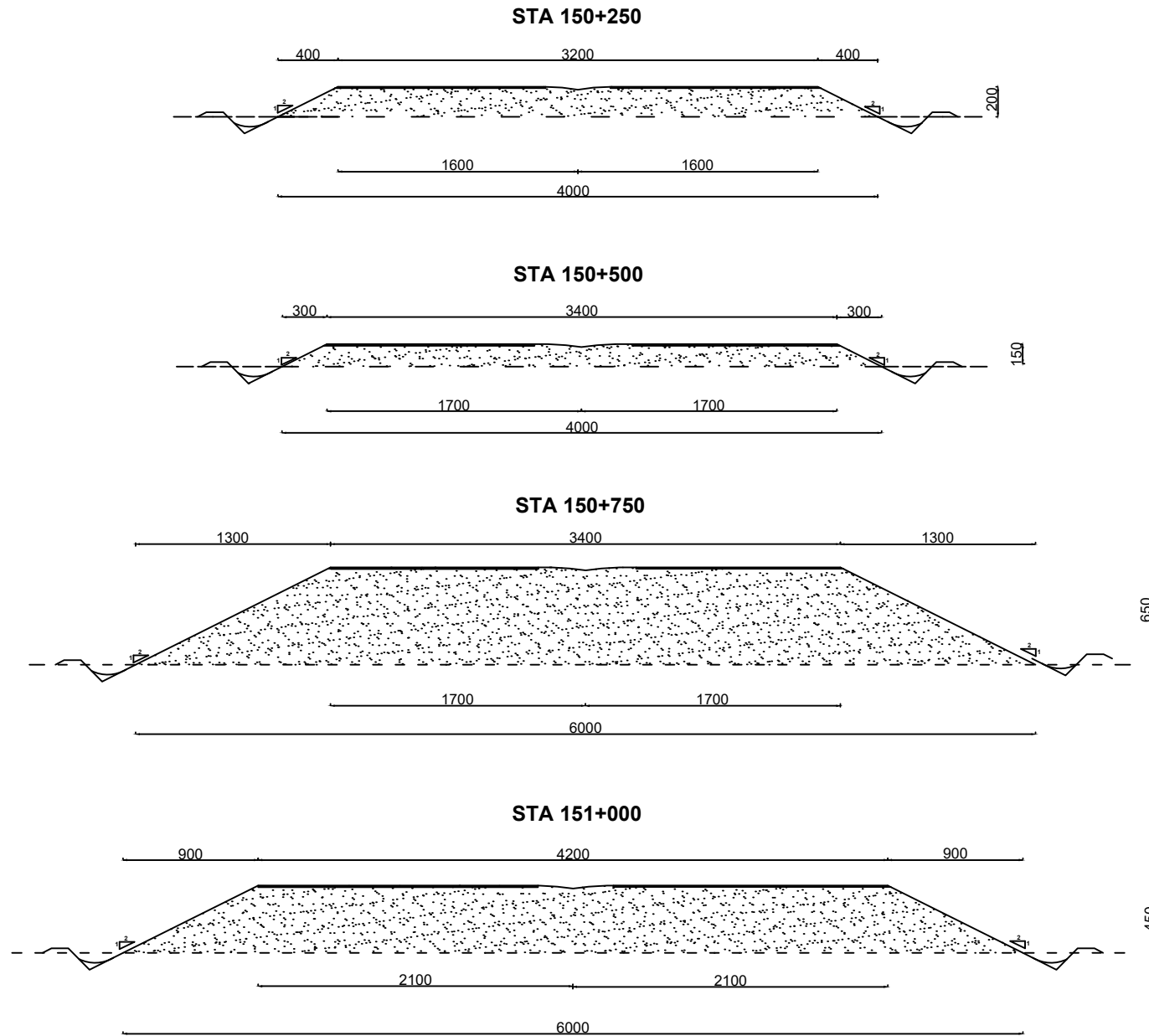
Pratikno, Logiray. 2017. **Alternatif Perbaikan Tanah Dasar Dan Perkuatan Timbunan Pada Jalan Tol Palembang – Indralaya (STA 8+750 s/d STA 10+750)**. Surabaya : ITS

Rusdiansyah. 2016. **Studi Peningkatan tahanan Geser Tanah Kohesif Akibat Adanya Perkuatan Tiang-Tiang Vertikal Berdasarkan Pemodelan Di Laboratorium**. Surabaya : Disertasi bidang geoteknik, program studi teknik sipil, program pascasarjana ITS

Sunaryo, Munarto E. 2014. **Modul Tanah Problematik dan Permasalahannya Serta Implementasi Penanganannya Di Bidang Jalan Dan Jembatan**. Bandung : Pusjatan Litbang Kemen. PU

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : ITS Press

Winner, Dofran. 2017. **Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan *Pre-Fabricated Vertical Drain* dengan Variasi Kedalaman dan Perkuatan Lereng dengan Turap**. Surabaya: ITS



KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumaia Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

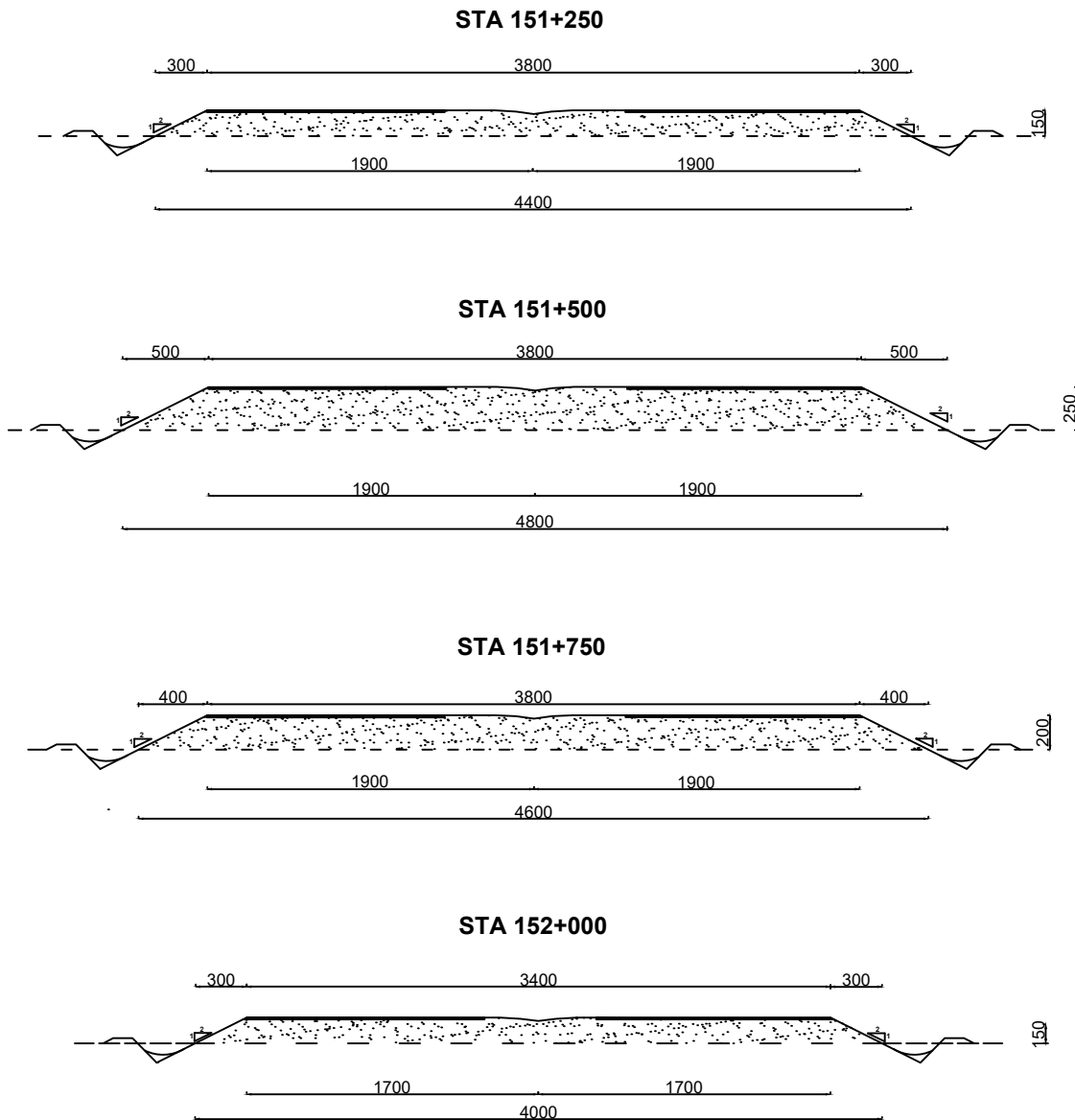
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION TIMBUNAN
STA 150+250
STA 150+500
STA 150+750
STA 151+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 100	4		1



KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumaia Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

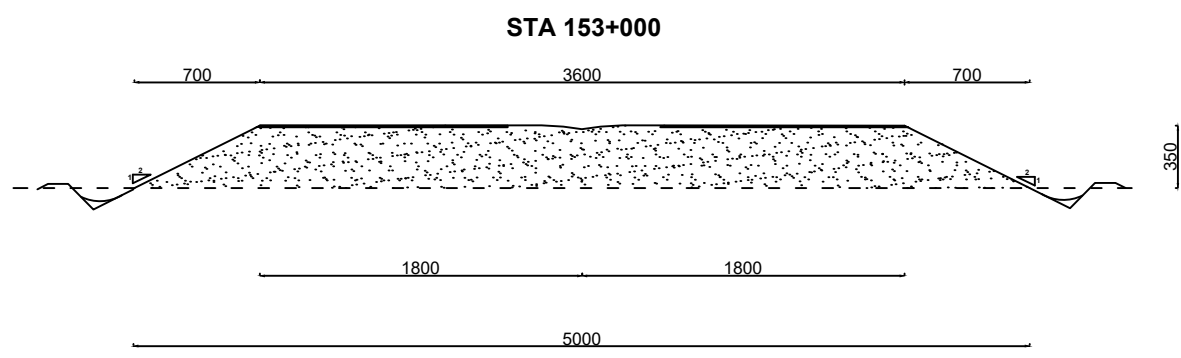
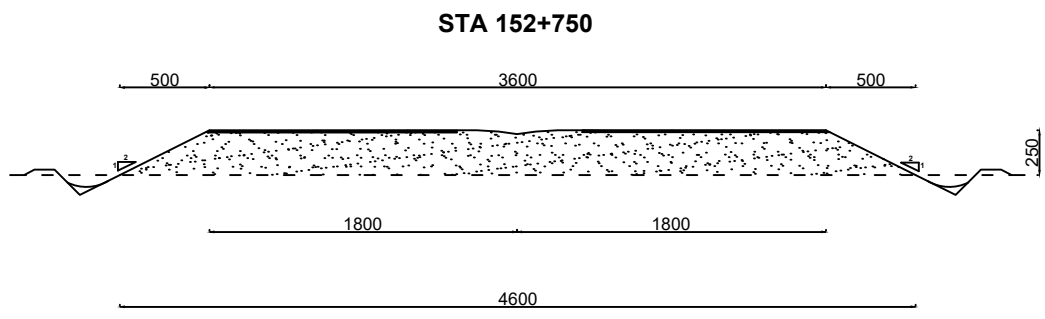
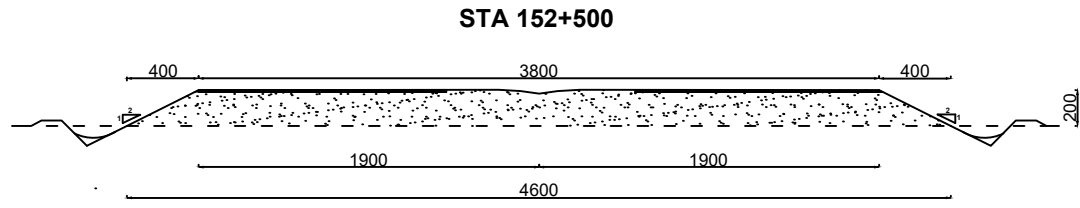
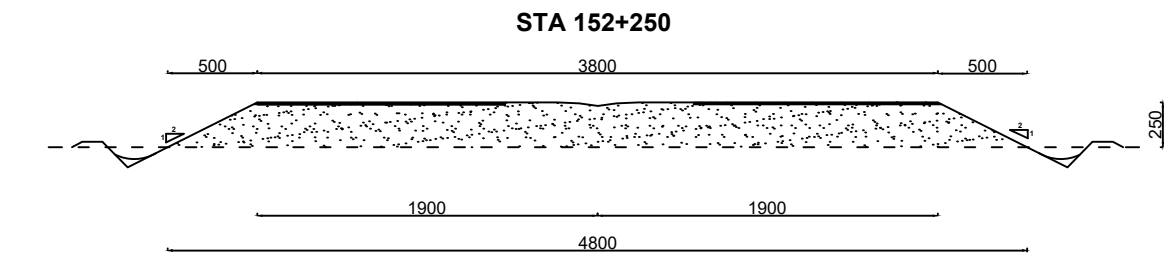
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION TIMBUNAN
STA 151+250
STA 151+500
STA 151+750
STA 152+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 100	4		2



KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

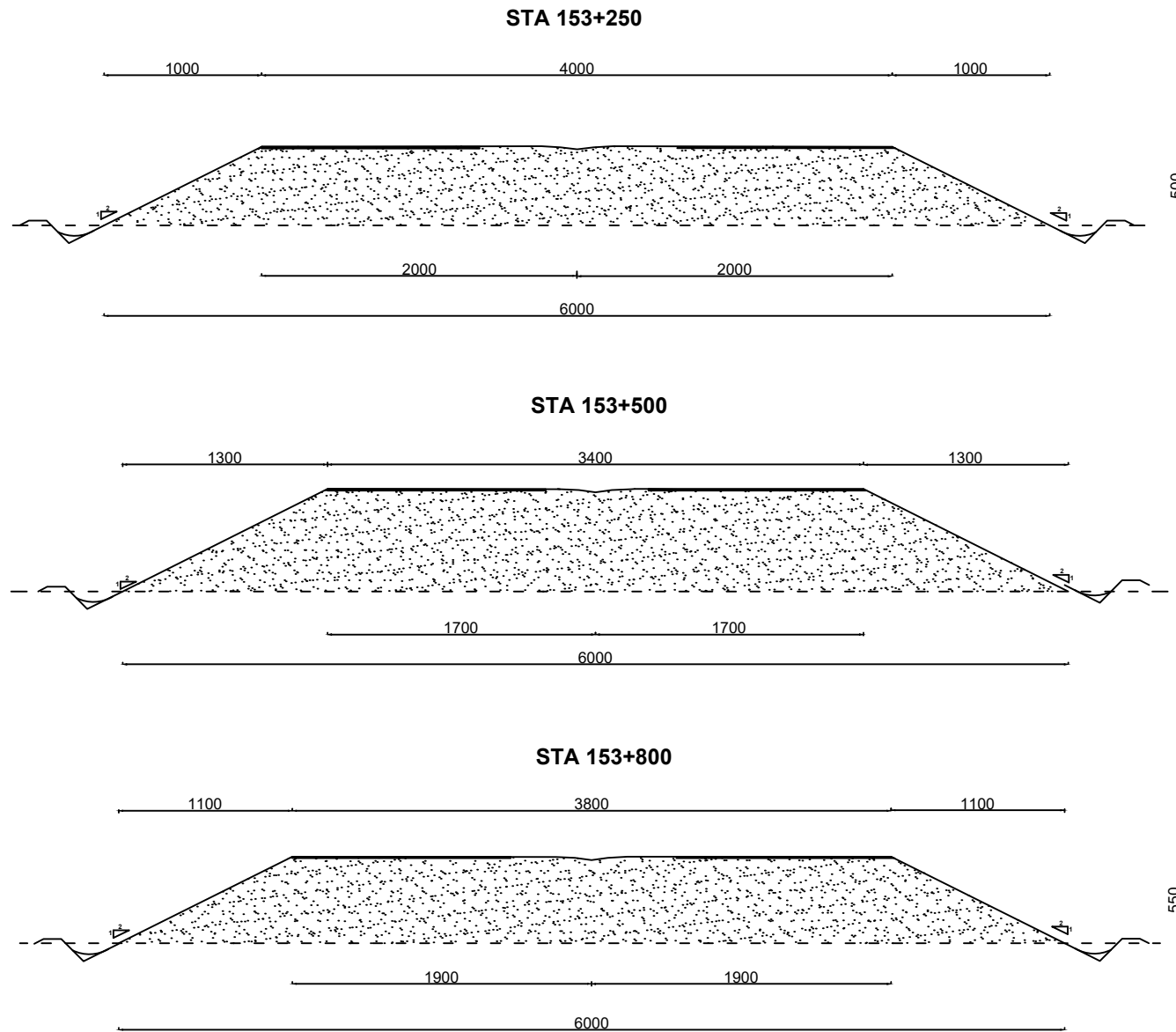
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION TIMBUNAN
STA 152+250
STA 152+500
STA 152+750
STA 153+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 100	4		3



KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumaia Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

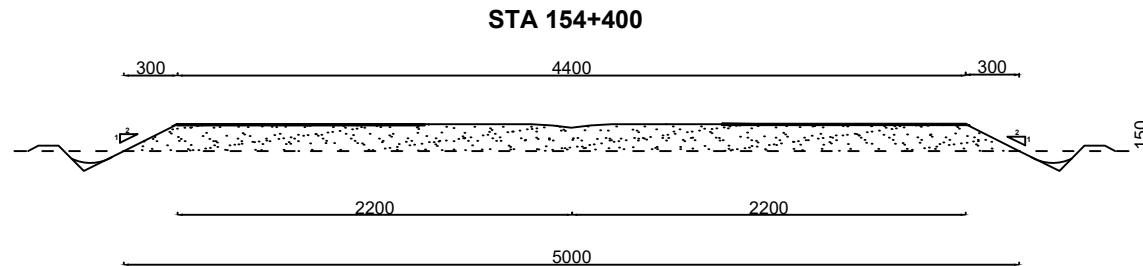
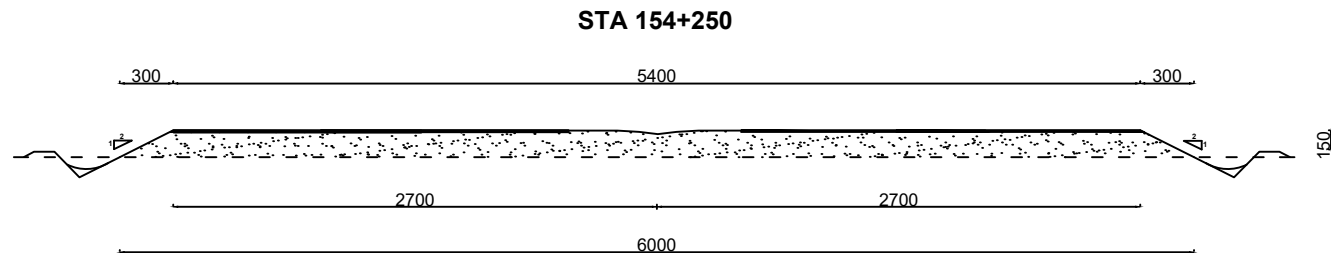
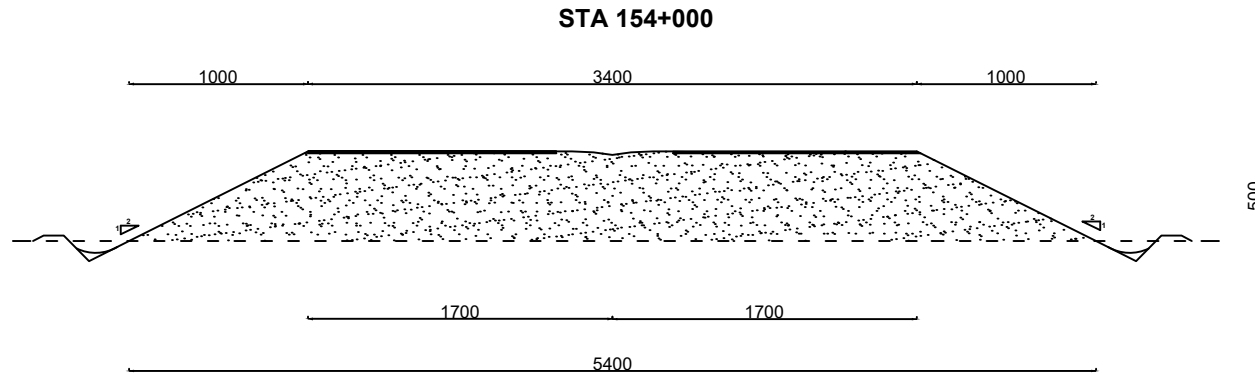
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION TIMBUNAN
STA 153+250
STA 153+500
STA 153+800

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 100	3		4



KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumaia Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

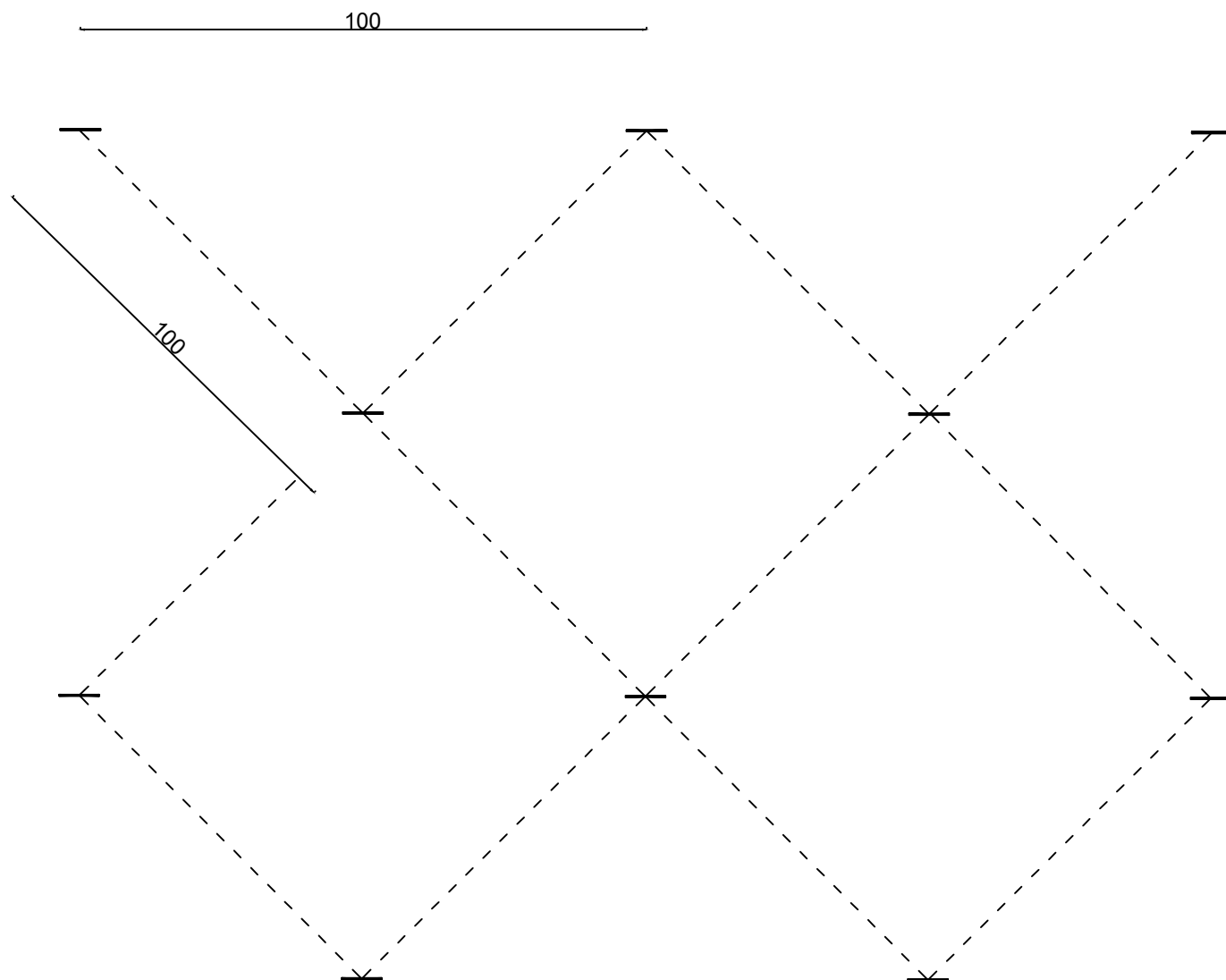
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

CROSS SECTION TIMBUNAN
STA 154+000
STA 154+250
STA 154+400

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 100	3		5



PVD POLA SEGITIGA, S = 1 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN

3113100058

JUDUL PEKERJAAN

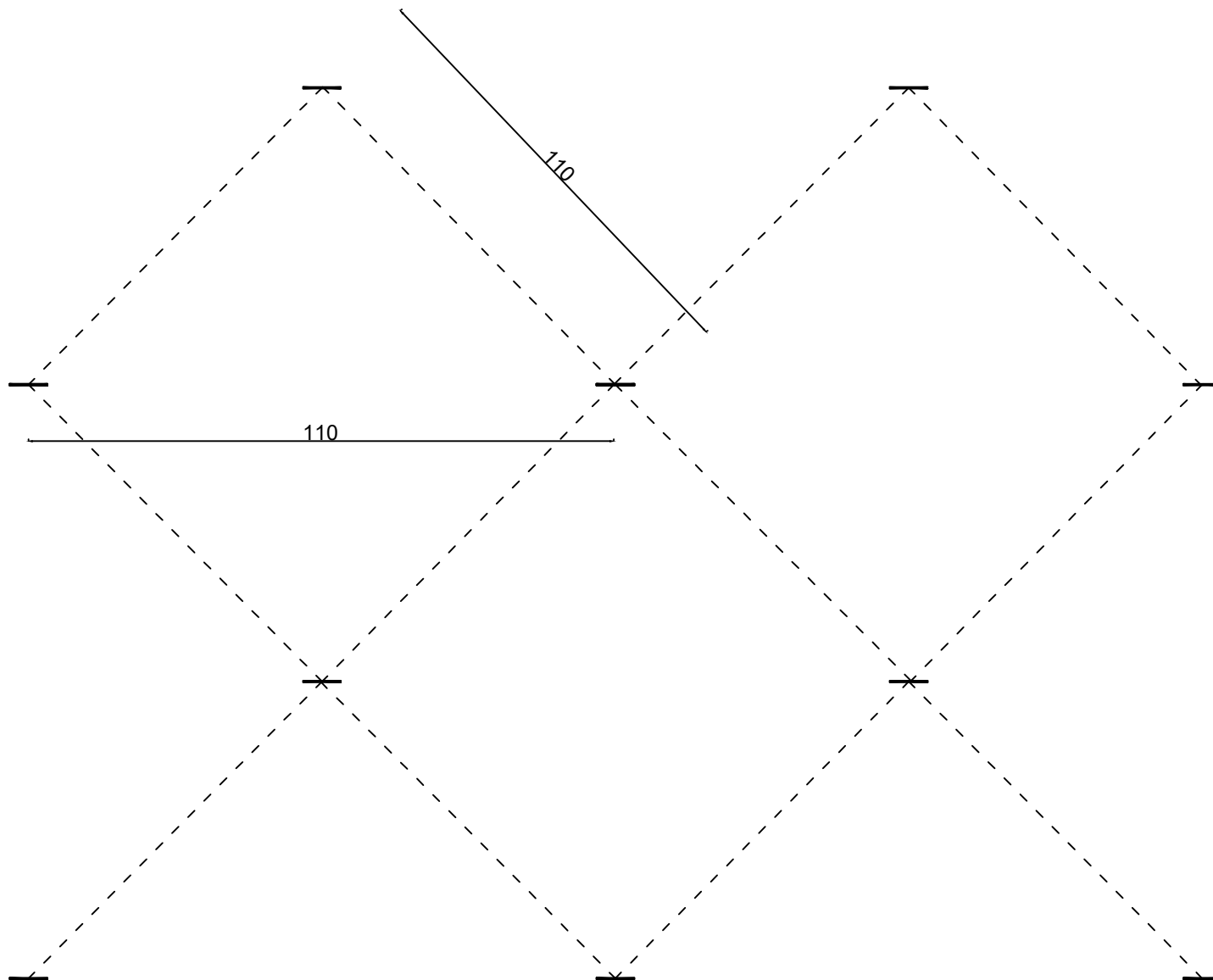
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

PERENCANAAN PVD
POLA SEGITIGA
JARAK 1 M
(KODE : 1B)

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		6



PVD POLA SEGITIGA, S = 1,1 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

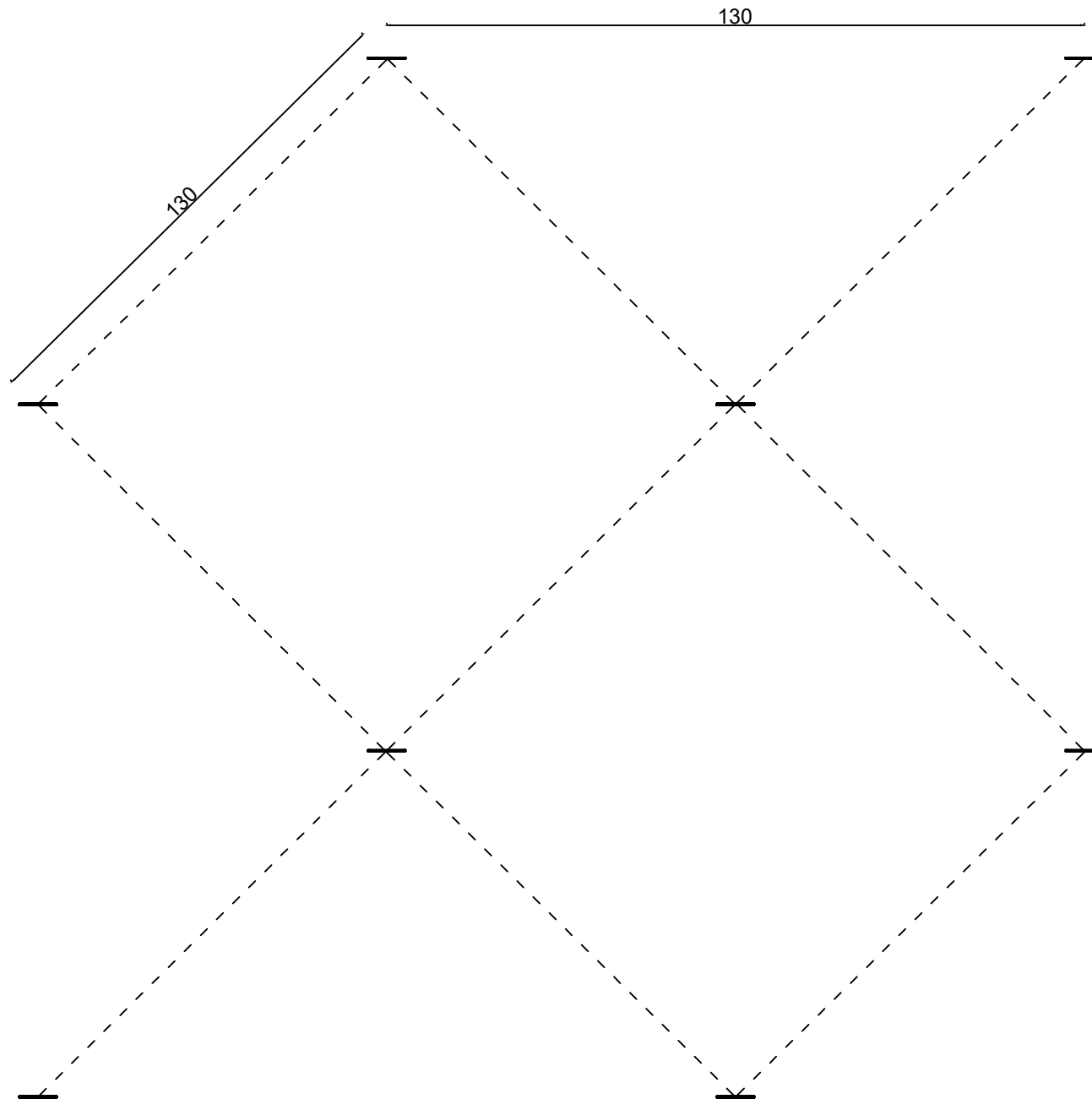
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

PERENCANAAN PVD
POLA SEGITIGA
JARAK 1,1 M
(KODE : 1C)

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		7



PVD POLA SEGITIGA, S = 1,3 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN

3113100058

JUDUL PEKERJAAN

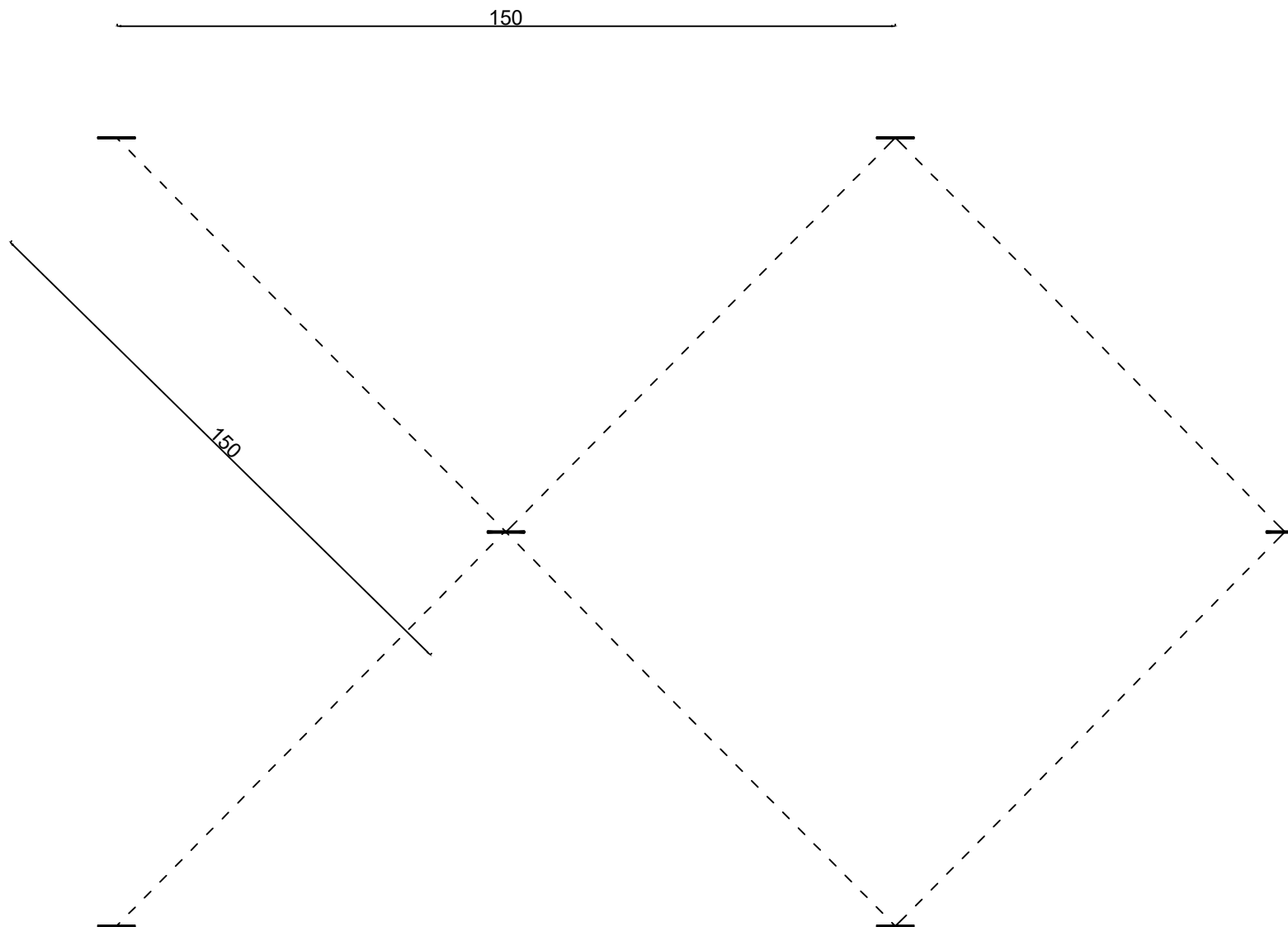
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

**PERENCANAAN PVD
POLA SEGITIGA
JARAK 1,3 M
(KODE : 1E)**

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		8



PVD POLA SEGITIGA, S = 1,5 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumaia Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

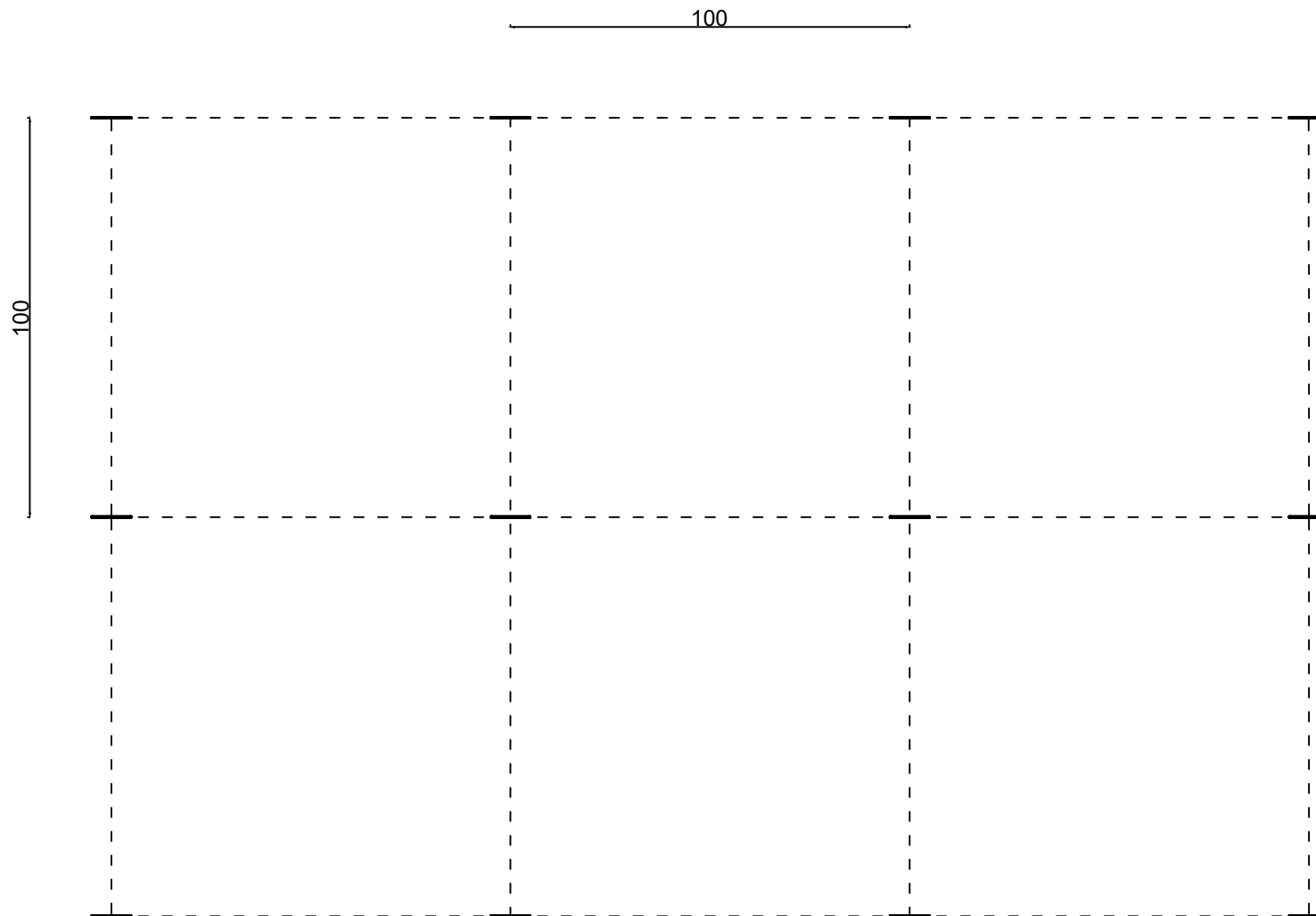
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

**PERENCANAAN PVD
POLA SEGITIGA
JARAK 1,5 M
(KODE : 1G)**

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		9



PVD POLA SEGIEMPAT, S = 1 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

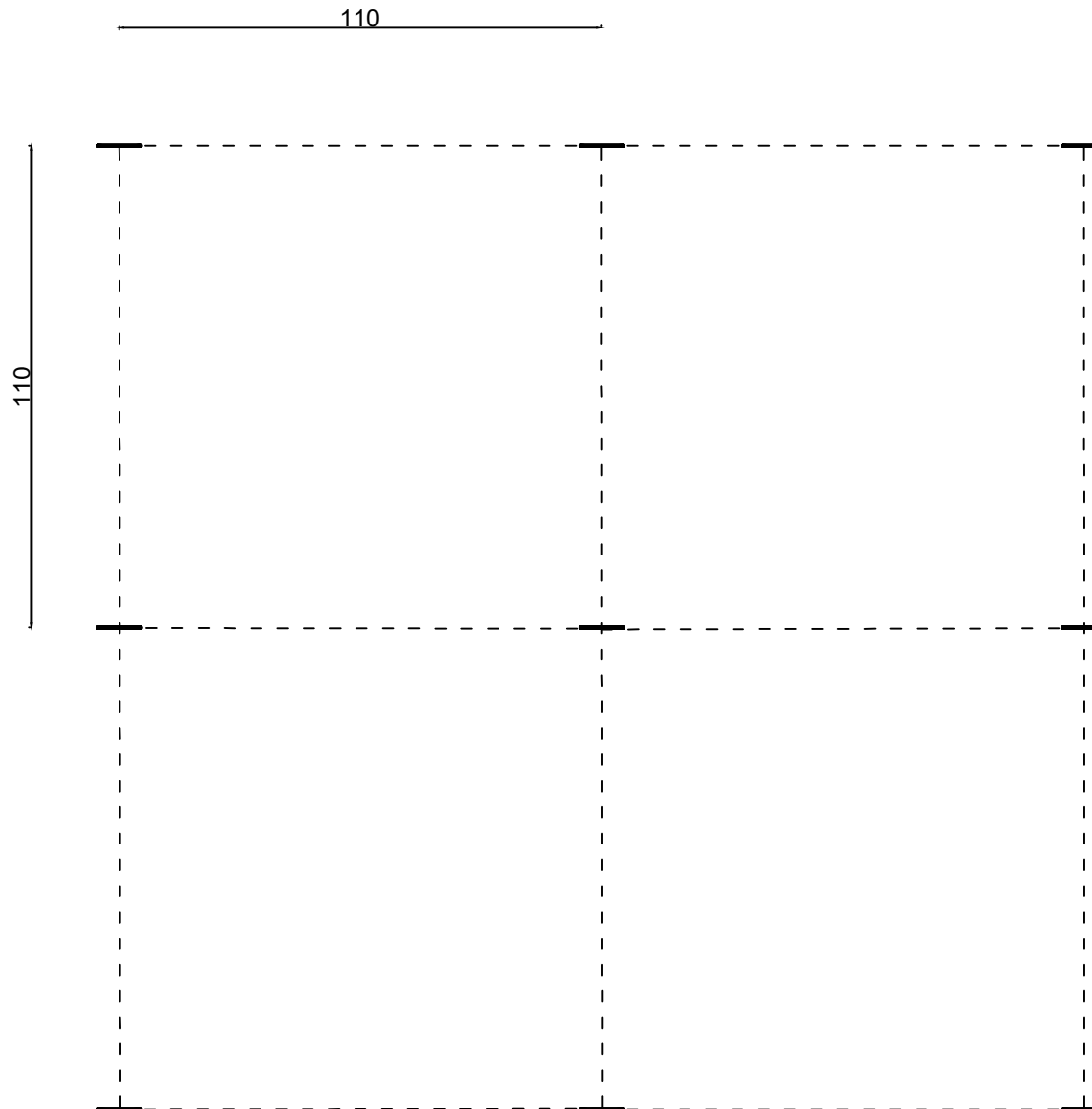
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

**PERENCANAAN PVD
POLA SEGIEMPAT
JARAK 1 M
(KODE : 2B)**

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		10



PVD POLA SEGIEMPAT, S = 1,1 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN

3113100058

JUDUL PEKERJAAN

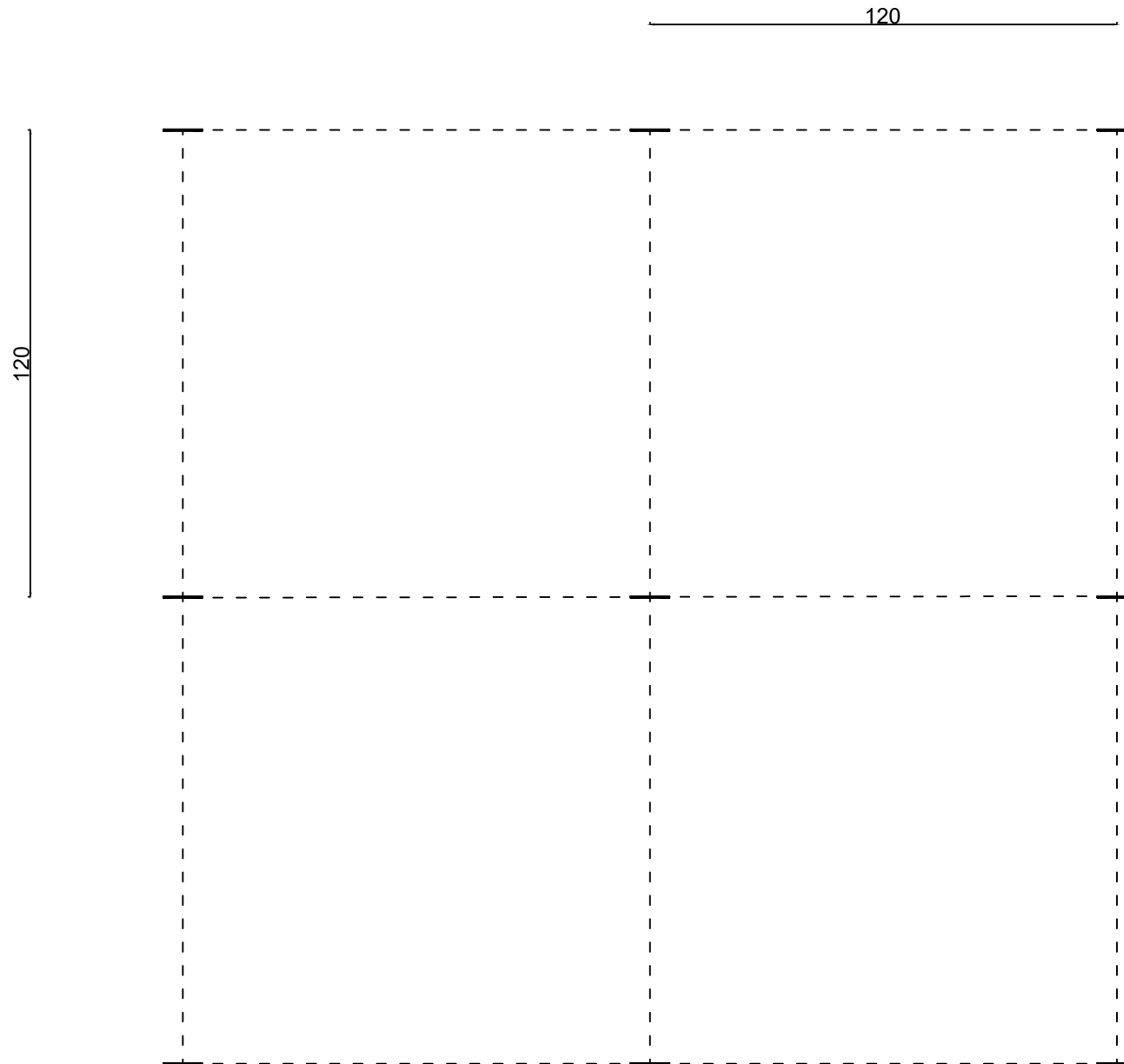
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

**PERENCANAAN PVD
POLA SEGIEMPAT
JARAK 1,1 M
(KODE : 2C)**

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		11



PVD POLA SEGIEMPAT, S = 1,2 M

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP**



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.

DOSEN PEMBIMBING - II

Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

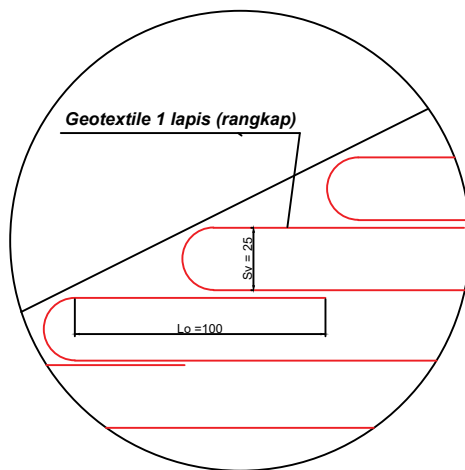
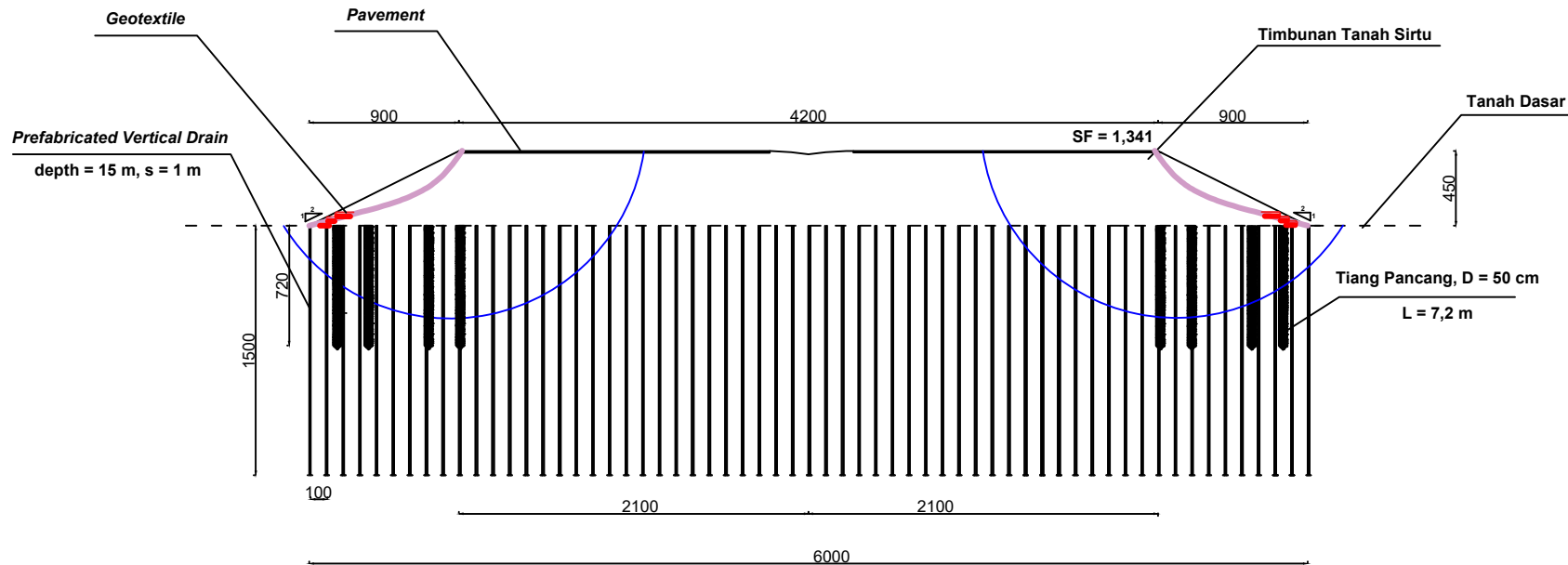
**STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400**

TUGAS AKHIR 2017

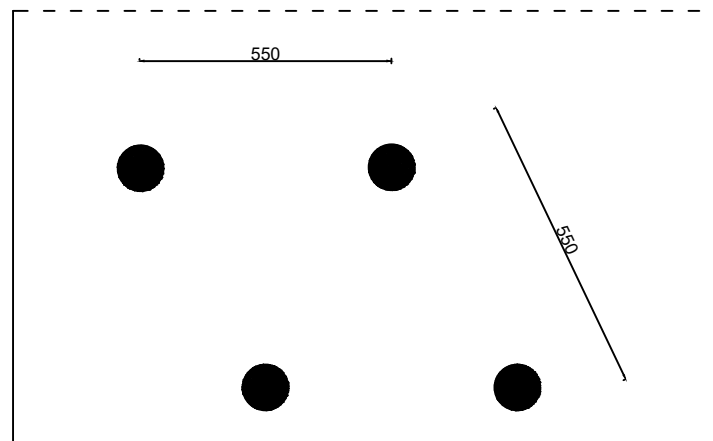
GAMBAR

**PERENCANAAN PVD
POLA SEGIEMPAT
JARAK 1,2 M
(KODE : 2D)**

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
1 : 4	1		12



DETAIL PERKUATAN GEOTEXTILE



DETAIL PERKUATAN TIANG PANCANG

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

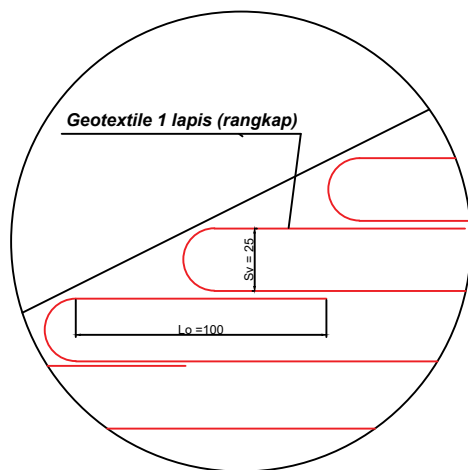
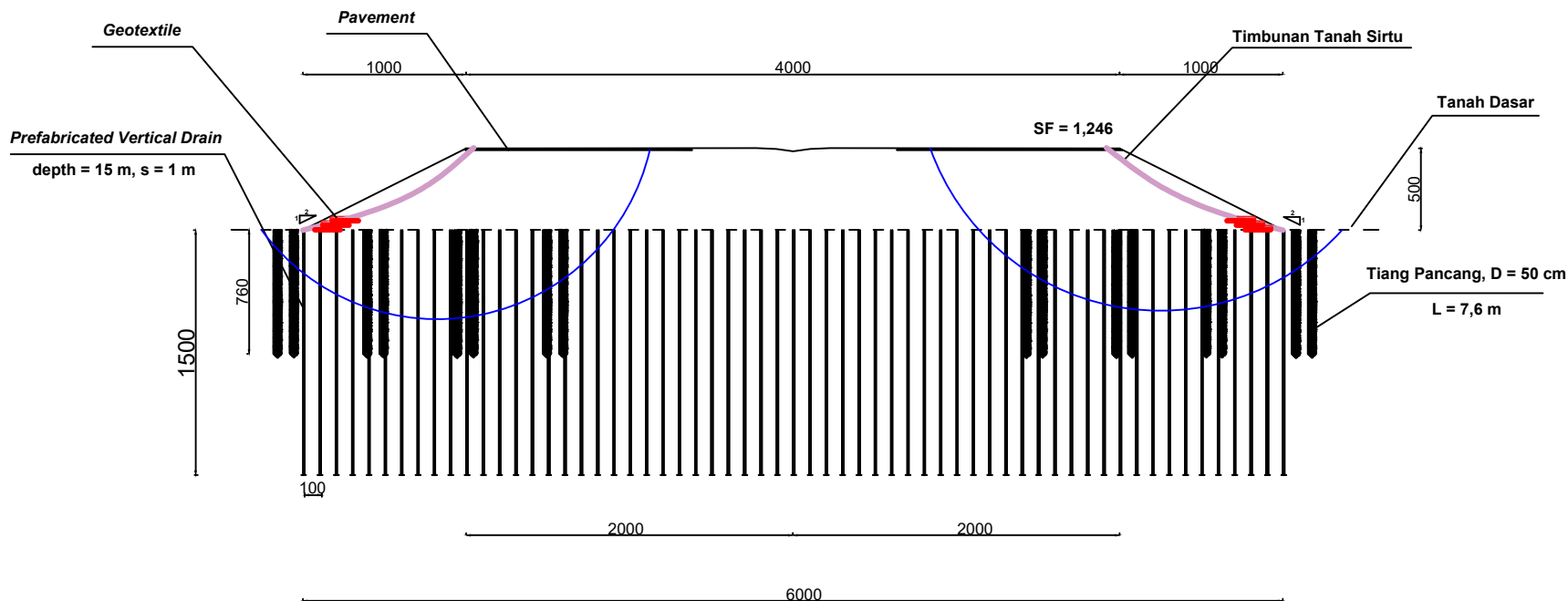
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

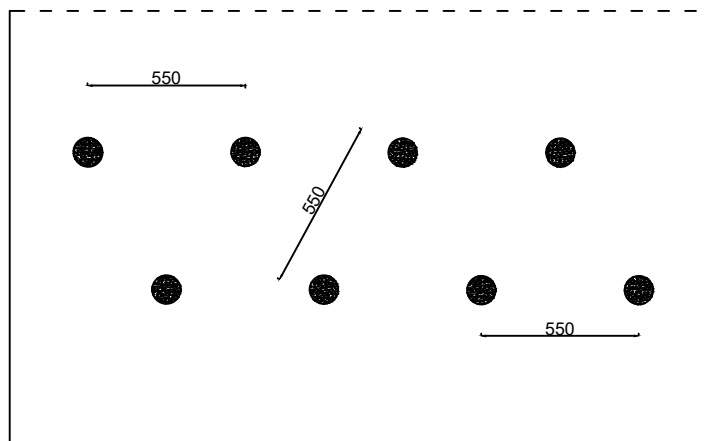
GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN
TIMBUNAN STA 151+000

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
	3		13



DETAIL PERKUATAN GEOTEXTILE



DETAIL PERKUATAN TIANG PANCANG

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

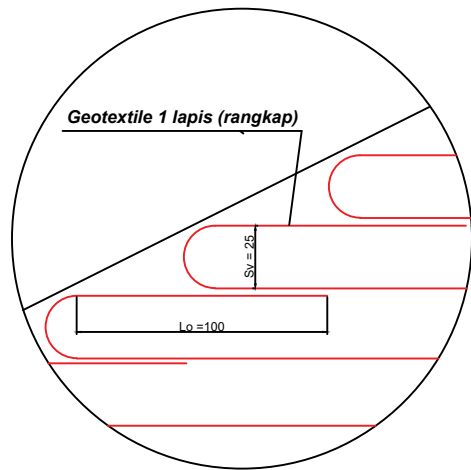
STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

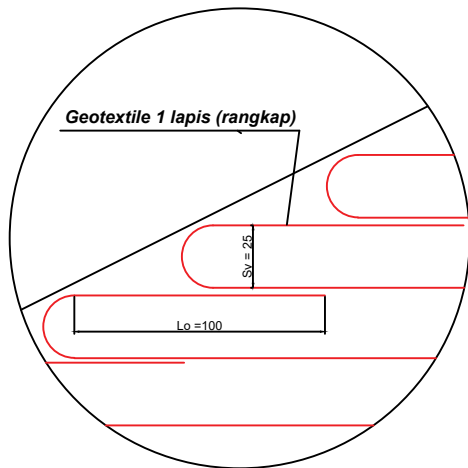
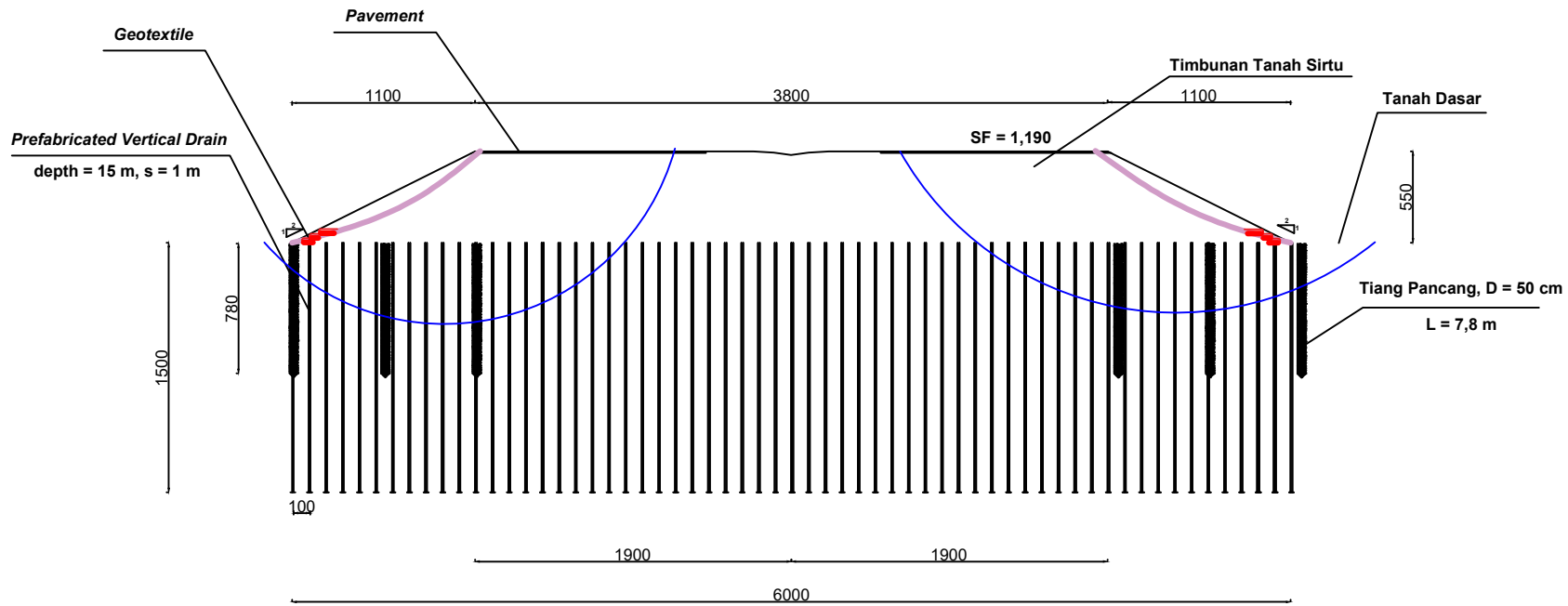
PERENCANAAN PERKUATAN
TIMBUNAN STA 153+250

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
	3		14

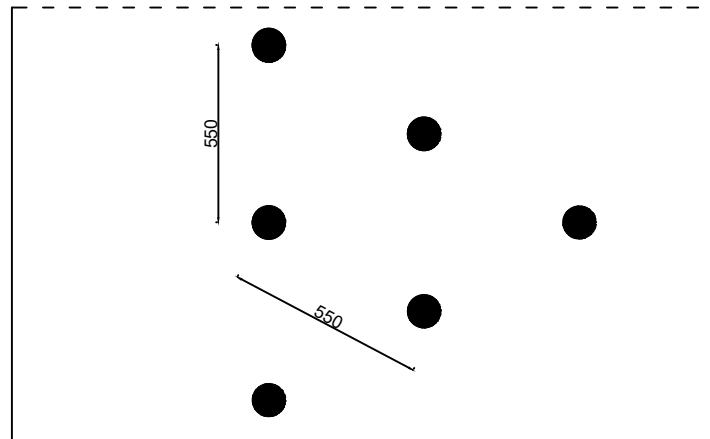


A diagram showing a 3x3 grid of dots. A vertical line segment connects the top and bottom dots in the leftmost column, labeled 550. A diagonal line segment connects the top dot in the leftmost column to the middle dot in the middle column, labeled 550.

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
	3		15



DETAIL PERKUATAN GEOTEXTILE



DETAIL PERKUATAN TIANG PANCANG

KETERANGAN

Satuan Dalam CM

REVISI

No.	Tanggal	Keterangan	Diperiksa	Disetujui

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

MENGETAHUI / MENYETUJUI :

DOSEN PEMBIMBING - I	Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
DOSEN PEMBIMBING - II	Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT.

NAMA & NRP MAHASISWA

MUHAMMAD TEGUH PRIYATNA KURNIAWAN
3113100058

JUDUL PEKERJAAN

STUDI PERBANDINGAN PERENCANAAN
TIMBUNAN JALAN DENGAN MATERIAL
TANAH/SIRTU DAN MORTAR BUSA
(FOAMED MORTAR) PADA JALAN TOL
SOLO - KERTOSONO SECTION SARADAN -
NGANJUK STA 150+225 - STA 154+400

TUGAS AKHIR 2017

GAMBAR

PERENCANAAN PERKUATAN
TIMBUNAN STA 153+800

SKALA	JUMLAH GAMBAR	UKURAN	NOMOR GAMBAR
	3		16

Lampiran 1

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-1

Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Direct test		Triaxial UU	
		Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	C	ϕ	Cu	ϕ_u
BR-1 Main Road (151+450)	-3,00	2,715	1,327	100	48,88	57,03	17,370	11,667	17,370	65,79	30,44	35,35	*	*	22,51	*
	-6,00	2,694	1,317	100	48,89	56,84	17,311	11,627	17,311	62,17	29,48	32,69	*	*	29,15	*
	-9,00	2,637	1,284	100	48,69	56,22	17,167	11,546	17,167	62,38	30,14	32,24	*	*	38,72	*
	-12,00	2,518	1,237	100	49,13	55,30	16,786	11,256	16,786	52,79	32,17	20,62	*	*	41,36	*
	-15,00	2,647	1,161	100	43,86	53,73	17,621	12,249	17,621	62,49	28,45	34,04	*	*	56,43	*
	-20,00	2,663	1,109	100	41,64	52,58	17,885	12,627	17,885	65,74	30,92	34,82	*	*	92,18	*

Lanjutan Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-1

Cc	Cs	Cv (m2/yr)	Cv (cm2/s)	Ch (cm2/s)	C' (kN/m2)
0,49366	0,11680	2,5	0,000792745	0,00158549	15,00667
0,46850	0,10903	2,9	0,000919584	0,001839168	19,43333
0,45861	0,10773	2,87	0,000910071	0,001820142	25,81333
0,38566	0,08618	4,9	0,00155378	0,00310756	27,57333
0,42017	0,10194	2,7	0,000856164	0,001712329	37,62000
0,42432	0,10608	2,5	0,000792745	0,00158549	61,45333

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-2

Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Direct test		Triaxial UU	
		Gs	e	Sr	Wc	n	γ _t	γ _d	γ _{sat}	LL	PL	IP	C	φ	Cu	φ _u
BR-2 Main Road (151+950)	-3,00	2,647	1,418	100	53,57	58,64	16,611	10,947	16,811	60,34	29,76	30,58	*	*	21,69	*
	-6,00	2,665	1,349	100	50,62	57,43	17,088	11,345	17,088	57,15	31,5	25,65	*	*	31,45	*
	-9,00	2,604	1,311	100	50,35	56,73	16,941	11,268	16,941	65,29	31,35	33,94	*	*	42,79	*
	-12,00	2,584	1,28	100	49,54	56,14	16,947	11,333	16,947	59,25	28,67	30,58	*	*	48,91	*
	-15,00	2,653	1,162	100	43,8	53,75	17,646	12,271	17,646	63,16	32,77	30,39	*	*	77,26	*
	-20,00	2,649	1,125	100	42,47	52,94	17,76	12,466	17,76	52,7	31,56	21,14	*	*	186,17	*

Lanjutan Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-2

Cc	Cs	Cv (m2/yr)	Cv (cm2/s)	Ch (cm2/s)	C' (kN/m2)
0,49343	0,11089	3,2	0,001014713	0,002029427	14,46000
0,44947	0,10070	3,9	0,001236682	0,002473364	20,96667
0,48517	0,11495	2,6	0,000824455	0,001648909	28,52667
0,43849	0,10127	3,8	0,001204972	0,002409944	32,60667
0,42449	0,10332	2,65	0,000840309	0,001680619	51,50667
0,35073	0,08071	4,9	0,00155378	0,00310756	124,11333

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-3

Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Direct test		Triaxial UU	
		Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	C	ϕ	Cu	ϕ_u
BR-3 Main Road (154+300)	-3,00	2,647	1,489	100	56,25	59,82	16,617	10,635	16,617	60,19	32,54	27,65	*	*	46,38	0
	-6,00	2,638	1,471	100	55,76	59,53	16,629	10,676	16,629	56,37	30,62	25,75	*	*	60,42	0
	-9,00	2,702	1,435	100	53,11	58,93	16,99	11,097	16,99	59,54	29,57	29,97	*	*	97,65	0
	-12,00	2,549	1,35	100	52,96	57,45	16,591	10,847	16,591	61,35	30,13	31,22	*	*	110,87	0
	-15,00	2,691	1,249	100	46,41	55,54	17,519	11,965	17,519	60,76	31,49	29,27	*	*	99,46	0
	-20,00	2,583	1,198	100	46,38	54,5	17,202	11,752	17,202	59,37	29,44	29,93	*	*	169,57	0

Lanjutan Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-3

Cc	Cs	Cv (m2/yr)	Cv (cm2/s)	Ch (cm2/s)	C' (kN/m2)
0,51937	0,11472	3,2	0,001014713	0,002029427	30,92000
0,48952	0,10602	3,95	0,001252537	0,002505074	40,28000
0,49494	0,11026	3,75	0,001189117	0,002378234	65,10000
0,47503	0,10915	2,9	0,000919584	0,001839168	73,91333
0,43736	0,10272	3	0,000951294	0,001902588	66,30667
0,41280	0,09744	3,8	0,001204972	0,002409944	113,04667

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-6

Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Direct test		Triaxial UU	
		Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	C	ϕ	Cu	ϕ_u
BR-6 Main Road (150+775)	-3,00	2,705	1,429	100	52,83	58,83	17,019	11,136	17,019	59,35	31,49	27,86	*	*	51,27	0
	-6,00	2,631	1,383	100	52,57	58,04	16,844	11,041	16,844	57,48	30,29	27,19	*	*	48,43	0
	-9,00	2,549	1,319	100	51,75	56,88	16,68	10,992	16,68	62,85	32,67	30,18	*	*	57,26	0
	-12,00	2,684	1,312	100	48,88	56,75	17,284	11,609	17,284	60,64	30,48	30,16	*	*	69,85	0
	-15,00	2,605	1,176	100	45,14	54,04	17,376	11,972	17,376	52,75	31,42	21,33	*	*	72,44	0
	-20,00	2,589	0,918	100	35,46	47,86	18,285	13,498	18,285	NP	NP	NP	0	38	*	*

Lanjutan Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-6

Cc	Cs	Cv (m2/yr)	Cv (cm2/s)	Ch (cm2/s)	C' (kN/m2)
0,49157	0,10954	3,8	0,001204972	0,002409944	34,18000
0,46353	0,10321	3,9	0,001236682	0,002473364	32,28667
0,47327	0,11050	2,65	0,000840309	0,001680619	38,17333
0,45761	0,10571	3,18	0,001008371	0,002016743	46,56667
0,36629	0,08316	4,9	0,00155378	0,00310756	48,29333
0	0	0	0	0	0

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-7

Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Direct test		Triaxial UU	
		Gs	e	Sr	Wc	n	γ _t	γ _d	γ _{sat}	LL	PL	IP	C	φ	Cu	φ _u
BR-7 Main Road (153+125)	-3,00	2,611	1,395	100	53,43	58,25	16,727	10,902	16,727	62,37	30,18	32,19	*	*	29,34	0
	-6,00	2,617	1,317	100	50,32	56,84	16,979	11,295	16,979	60,52	31,34	29,18	*	*	43,25	0
	-9,00	2,654	1,248	100	47,02	55,52	17,358	11,806	17,358	65,81	30,29	35,52	*	*	46,37	0
	-12,00	2,583	1,236	100	47,85	55,28	17,08	11,552	17,08	56,34	31,48	24,86	*	*	49,16	0
	-15,00	2,671	1,184	100	44,33	54,21	17,651	12,23	17,651	46,73	32,77	13,96	*	*	83,44	0
	-20,00	2,479	0,867	100	34,97	46,44	17,922	13,278	17,922	NP	NP	NP	0	34	*	*

Tabel Data Tanah Laboratorium Titik BR-7

Cc	Cs	Cv (m2/yr)	Cv (cm2/s)	Ch (cm2/s)	C' (kN/m2)
0,49720	0,11366	2,9	0,000919584	0,001839168	19,56000
0,45860	0,10573	3,18	0,001008371	0,002016743	28,83333
0,46734	0,11277	2,49	0,000789574	0,001579148	30,91333
0,40664	0,09323	3,95	0,001252537	0,002505074	32,77333
0,33262	0,07150	7	0,002219685	0,004439371	55,62667
0	0	0	0	0	0

Penyebaran dan Pengelompokkan Data Parameter Tanah

W_c (%)

W_c (%)			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	48,88	53,57	53,43
-4,5	48,89	50,62	50,32
-7,5	48,69	50,35	47,02
-10,5	49,13	49,54	47,85
-13,5	43,86		44,33
-18,5			

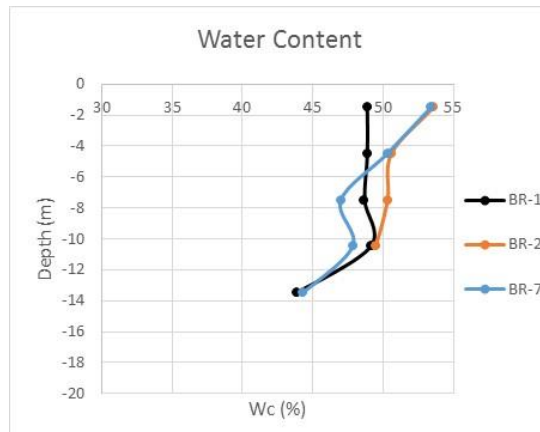
γ_t (kN/m³)

γ_t (kN/m ³)			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	17,37	16,611	16,727
-4,5	17,311	17,088	16,979
-7,5	17,167	16,941	17,358
-10,5	16,786	16,947	17,08
-13,5	17,621		17,651
-18,5			

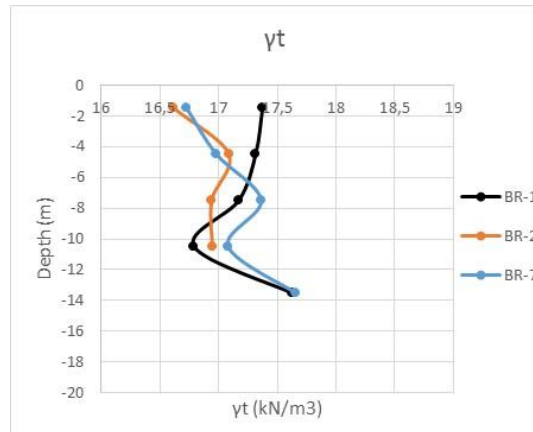
γ_d (kN/m³)

γ_d (kN/m ³)			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	11,667	10,947	10,902
-4,5	11,627	11,345	11,295
-7,5	11,546	11,268	11,806
-10,5	11,256	11,333	11,552
-13,5	12,249		12,23
-18,5			

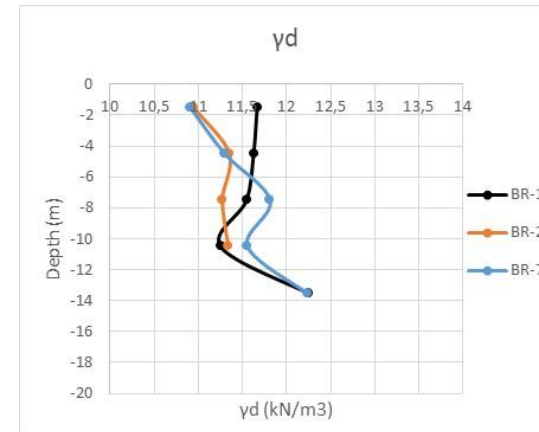
Grafik Data W_c



Grafik Data γ_t



Grafik Data γ_d



$\gamma_{sat} (kN/m^3)$

$\gamma_{sat} (kN/m^3)$			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	17,37	16,811	16,727
-4,5	17,311	17,088	16,979
-7,5	17,167	16,941	17,358
-10,5	16,786	16,947	17,08
-13,5	17,621		17,651
-18,5			

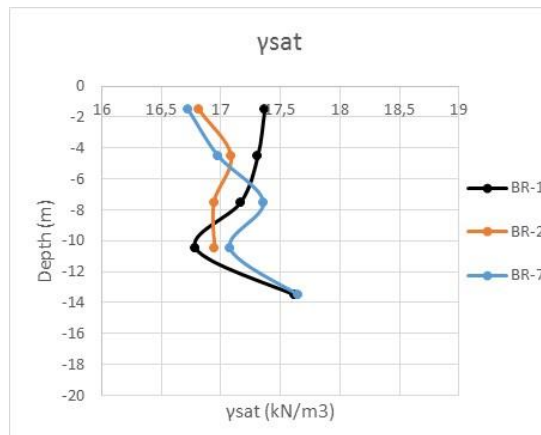
$LL (%)$

$LL (%)$			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	65,79	60,34	62,37
-4,5	62,17	57,15	60,52
-7,5	62,38	65,29	65,81
-10,5	52,79	59,25	56,34
-13,5	62,49		46,73
-18,5			

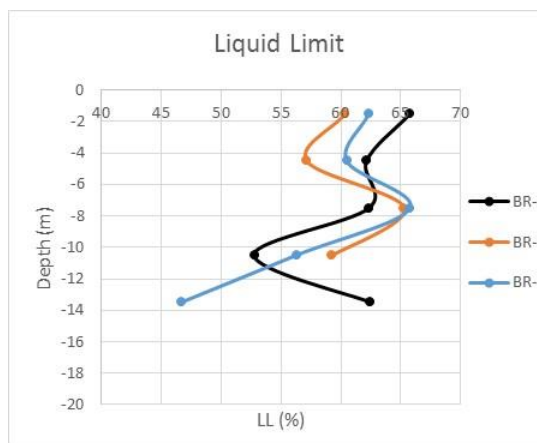
$PL (%)$

$PL (%)$			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	30,44	29,76	30,18
-4,5	29,48	31,5	31,34
-7,5	30,14	31,35	30,29
-10,5	32,17	28,67	31,48
-13,5	28,45		32,77
-18,5			

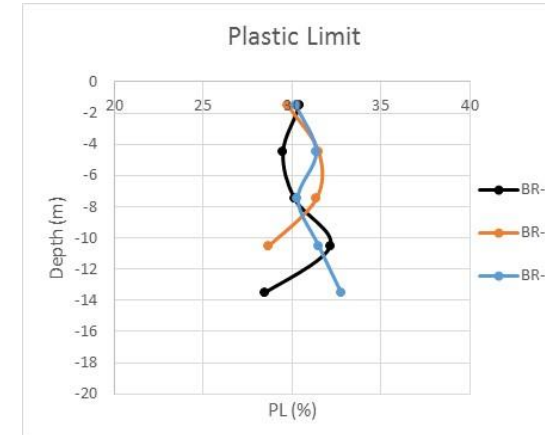
Grafik Data γ_{sat}



Grafik Data LL



Grafik Data PL



IP (%)

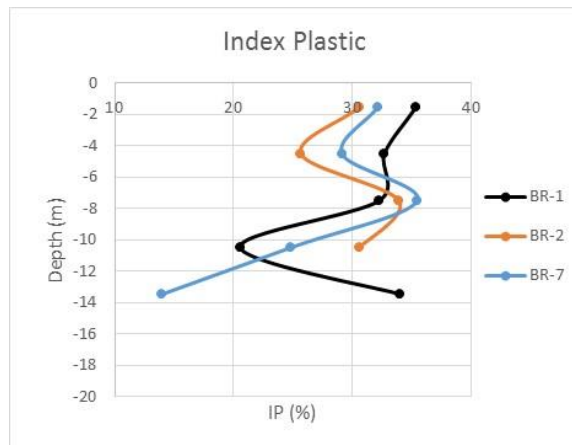
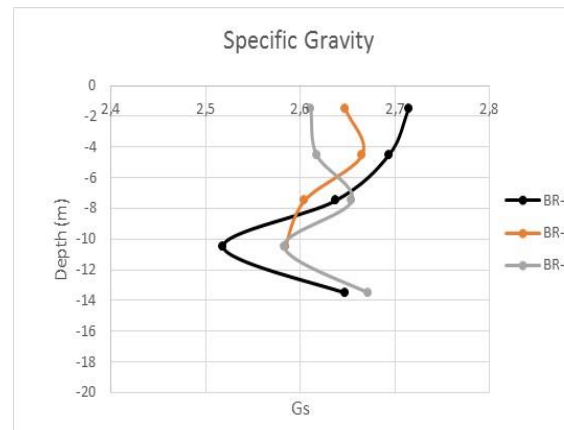
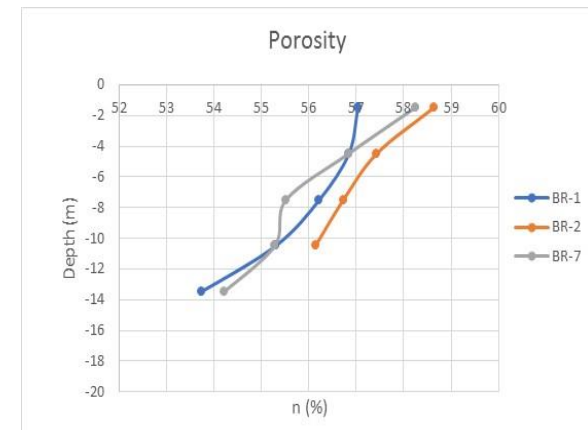
IP (%)			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	35,35	30,58	32,19
-4,5	32,69	25,65	29,18
-7,5	32,24	33,94	35,52
-10,5	20,62	30,58	24,86
-13,5	34,04		13,96
-18,5			

Gs

Gs			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	2,715	2,647	2,611
-4,5	2,694	2,665	2,617
-7,5	2,637	2,604	2,654
-10,5	2,518	2,584	2,583
-13,5	2,647		2,671
-18,5			

n (%)

n (%)			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	57,03	58,64	58,25
-4,5	56,84	57,43	56,84
-7,5	56,22	56,73	55,52
-10,5	55,3	56,14	55,28
-13,5	53,73		54,21
-18,5			

Grafik Data IP**Grafik Data Gs****Grafik Data n**

e

e			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	1,327	1,418	1,395
-4,5	1,317	1,349	1,317
-7,5	1,284	1,311	1,248
-10,5	1,237	1,28	1,236
-13,5	1,161		1,184
-18,5			

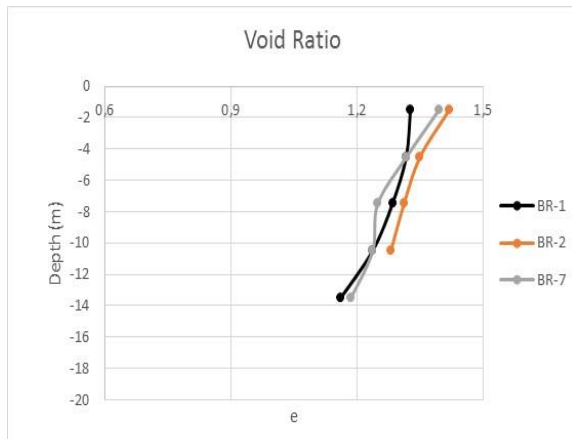
Cu

Cu			
Depth (m)	BR-1	BR-2	BR-7
-1,5	22,51	21,69	29,34
-4,5	29,15	31,45	43,25
-7,5	38,72	42,79	46,37
-10,5	41,36	48,91	49,16
-13,5	56,43		83,44
-18,5			

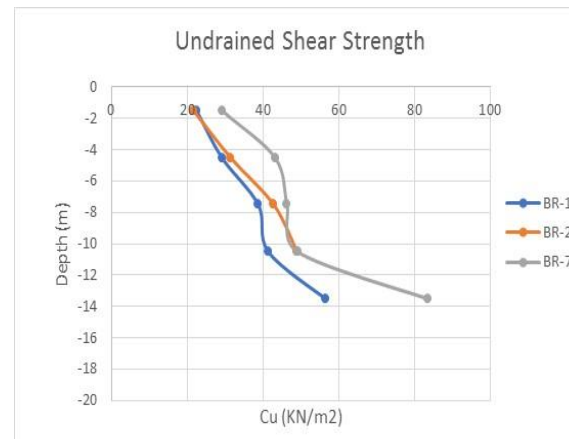
Cc

Cc			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	0,49366	0,49343	0,49720
-4,5	0,46850	0,44947	0,45860
-7,5	0,45861	0,48517	0,46734
-10,5	0,38566	0,43849	0,40664
-13,5	0,42017		0,33262
-18,5			

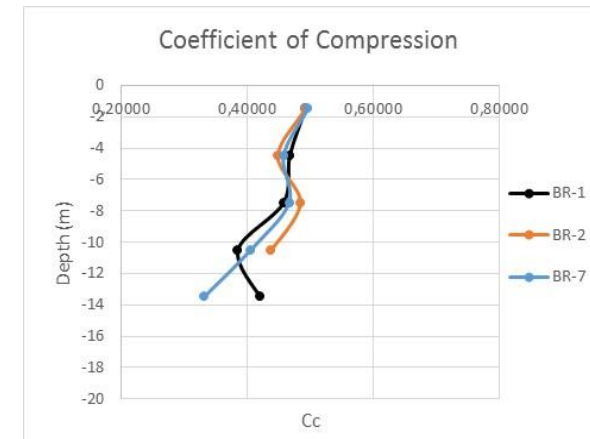
Grafik Data e



Grafik Data Cu



Grafik Data Cc



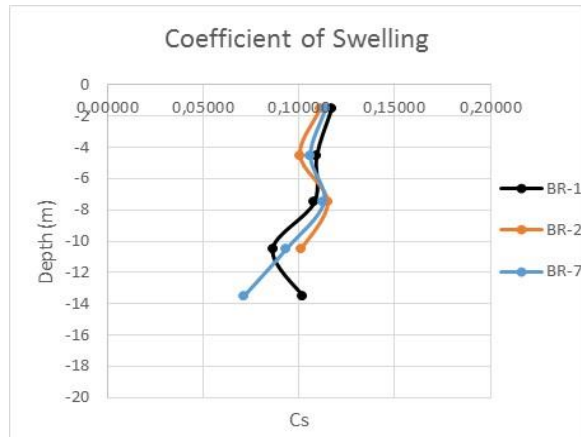
Cs

Cs			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	0,11680	0,11089	0,11366
-4,5	0,10903	0,10070	0,10573
-7,5	0,10773	0,11495	0,11277
-10,5	0,08618	0,10127	0,09323
-13,5	0,10194		0,07150
-18,5			

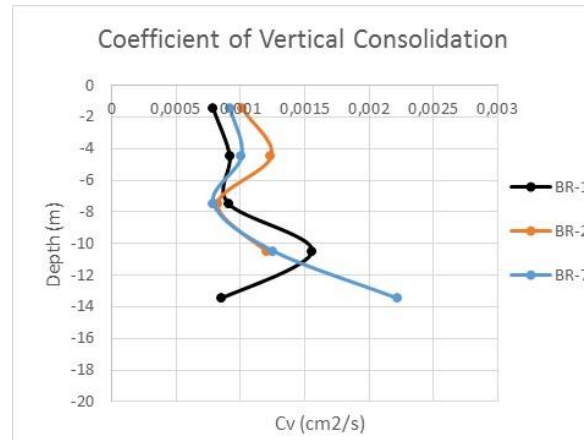
Cv (cm²/s)

Cv (cm ² /s)			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	0,000793	0,001015	0,00092
-4,5	0,00092	0,001237	0,001008
-7,5	0,00091	0,000824	0,00079
-10,5	0,001554	0,001205	0,001253
-13,5	0,000856		0,00222
-18,5			

Grafik Data Cs



Grafik Data Cv (cm²/s)



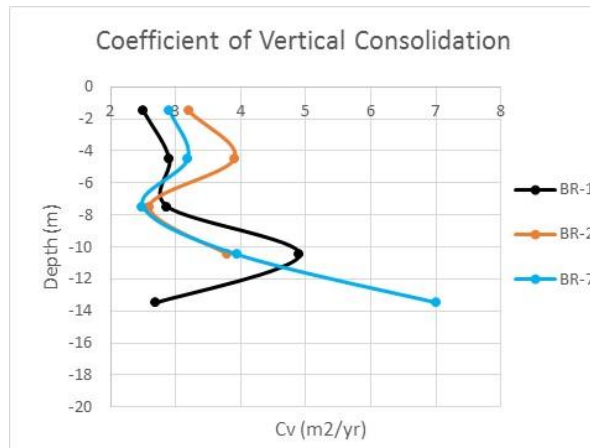
Cv (m²/yr)

Cv (m ² /yr)			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	2,5	3,2	2,9
-4,5	2,9	3,9	3,18
-7,5	2,87	2,6	2,49
-10,5	4,9	3,8	3,95
-13,5	2,7		7
-18,5			

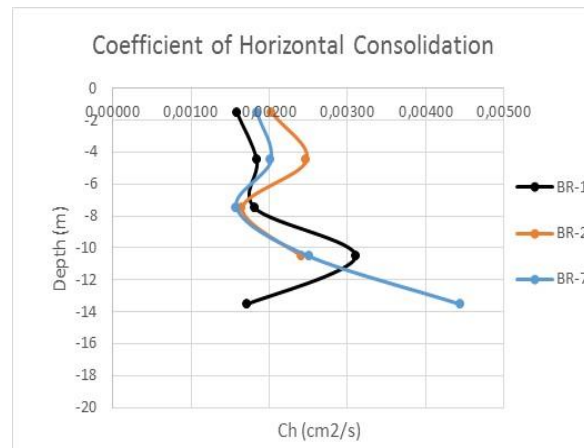
Ch (cm²/s)

Ch (cm ² /s)			
Depth (m)	BH-1	BH-2	BH-7
-1,5	0,00159	0,00203	0,00184
-4,5	0,00184	0,00247	0,00202
-7,5	0,00182	0,00165	0,00158
-10,5	0,00311	0,00241	0,00251
-13,5	0,00171		0,00444
-18,5			

Grafik Data Cv (m²/yr)



Grafik Data Ch (cm²/s)



Tabel Analisis Statistik Distribusi W_c

W_c (%)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	W_c (%)
0 to 4	3	2	1,886	51,960	2,668	54,865	49,055	49,636
4 to 15	11	10	1,372	48,236	2,317	49,195	47,278	47,470

Tabel Analisis Statistik Distribusi γ_t

γ_t (kN/m ³)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	γ_t (kN/m ³)
0 to 4	3	2	1,886	16,903	0,409	17,348	16,457	16,547
4 to 15	11	10	1,372	17,175	0,281	17,292	17,059	17,082

Tabel Analisis Statistik Distribusi γ_d

γ_d (kN/m ³)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	γ_d (kN/m ³)
0 to 4	3	2	1,886	11,172	0,429	11,639	10,705	10,798
4 to 15	11	10	1,372	11,592	0,364	11,742	11,441	11,471

Tabel Analisis Statistik Distribusi γ_{sat}

γ_{sat} (kN/m ³)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	γ_{sat} (kN/m ³)
0 to 4	3	2	1,886	16,969	0,350	17,350	16,589	16,665
4 to 15	11	10	1,372	17,175	0,281	17,292	17,059	17,082

Tabel Analisis Statistik Distribusi LL

LL (%)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	LL (%)
0 to 4	3	2	1,886	62,833	2,754	65,833	59,834	60,434
4 to15	11	10	1,372	59,175	5,668	61,519	56,830	57,299

Tabel Analisis Statistik Distribusi PL

PL (%)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	PL (%)
0 to 4	3	2	1,886	30,127	0,343	30,500	29,753	29,828
4 to15	11	10	1,372	30,695	1,403	31,275	30,114	30,230

Tabel Analisis Statistik Distribusi IP

IP (%)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	IP (%)
0 to 4	3	2	1,886	32,707	2,427	35,349	30,064	30,593
4 to15	11	10	1,372	28,480	6,639	31,226	25,734	26,283

Tabel Analisis Statistik Distribusi Gs

Gs								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Gs
0 to 4	3	2	1,886	2,658	0,053	2,715175	2,600158	2,611660
4 to15	11	10	1,372	2,625	0,050	2,645735	2,604083	2,608248

Tabel Analisis Statistik Distribusi e

e								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	e
0 to 4	3	2	1,886	1,380	0,047	1,43152	1,32848	1,33878
4 to15	11	10	1,372	1,266	0,059	1,29010	1,24154	1,24639

Tabel Analisis Statistik Distribusi n

n (%)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	n (%)
0 to 4	3	2	1,886	57,973	0,840	58,88789	57,05878	57,24169
4 to15	11	10	1,372	55,840	1,156	56,31835	55,36165	55,45732

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cu

Cu								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cu
0 to 4	3	2	1,886	24,513	4,200	29,08672	19,93994	20,85462
4 to15	11	10	1,372	46,457	14,543	52,47313	40,44142	41,64459

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cc

Cc								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cc
0 to 4	3	2	1,886	0,494766	0,002114	0,497068	0,492464	0,492925
4 to15	11	10	1,372	0,433753	0,044659	0,452227	0,415279	0,418973

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cs

Cs								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cs
0 to 4	3	2	1,886	0,11378	0,00295	0,11700	0,11057	0,11121
4 to15	11	10	1,372	0,10046	0,01270	0,10571	0,09520	0,09625

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cv (cm²/s)

Cv (cm ² /s)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cv
0 to 4	3	2	1,886	0,00091	0,00011	0,00103	0,00079	0,00081
4 to15	11	10	1,372	0,00116	0,00042	0,00134	0,00099	0,00102

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cv (m²/yr)

Ch								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Ch
0 to 4	3	2	1,886	0,00182	0,00022	0,00206	0,00158	0,00162
4 to15	11	10	1,372	0,00232	0,00084	0,00267	0,00197	0,00204

Tabel Analisis Statistik Distribusi Cv (m²/yr)

Cv (m ² /yr)								
Depth (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cv
0 to 4	3	2	1,886	2,86667	0,35119	3,24907	2,48426	2,56074
4 to15	11	10	1,372	3,66273	1,33044	4,21309	3,11236	3,22243

Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 1)

DATA TANAH 1	Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Triaxial UU	
			Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	Cu	ϕ_u
	BR-6 Main Road (150+775)	-3,00	2,705	1,429	100	52,83	58,83	17,019	11,136	17,019	59,35	31,49	27,86	51,27	0,00
		-6,00	2,631	1,383	100	52,57	58,04	16,844	11,041	16,844	57,48	30,29	27,19	48,43	0,00
		-9,00	2,549	1,319	100	51,75	56,88	16,680	10,992	16,680	62,85	32,67	30,18	57,26	0,00
		-12,00	2,684	1,312	100	48,88	56,75	17,284	11,609	17,284	60,64	30,48	30,16	69,85	0,00
		-15,00	2,605	1,176	100	45,14	54,04	17,376	11,972	17,376	52,75	31,42	21,33	72,44	0,00

Lanjutan Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 1)

Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	Ch (cm ² /s)	C' (kN/m ²)
0,49157	0,10954	0,00120	0,00241	34,18
0,46353	0,10321	0,00124	0,00247	32,29
0,47327	0,11050	0,00084	0,00168	38,17
0,45761	0,10571	0,00101	0,00202	46,57
0,36629	0,08316	0,00155	0,00311	48,29

Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 2)

DATA TANAH 2	Bore Hole	Depth (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits			Triaxial UU	
			Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	Cu	ϕ_u
	Data Dari SD 90%	-4,00	2,612	1,339	100	49,64	57,24	16,547	10,798	16,665	60,43	29,83	30,59	31,28	0,00
		-15,00	2,608	1,246	100	47,47	55,46	17,082	11,471	17,082	57,30	30,23	26,28	62,47	0,00

Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 3)

DATA TANAH 3	Bore Hole	Dept h (m)	Volumetric + Gravimetric								Atterberg Limits		Triaxial UU		
			Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	LL	PL	IP	Cu	ϕ_u
	BR-3 Main Road (154+300)	-3,00	2,647	1,489	100	56,25	59,82	16,617	10,635	16,617	60,19	32,54	27,65	46,38	0,00
		-6,00	2,638	1,471	100	55,76	59,53	16,629	10,676	16,629	56,37	30,62	25,75	60,42	0,00

Lanjutan Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 2)

Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	Ch (cm ² /s)	C' (kN/m ²)
0,49292	0,11121	0,00081	0,00162	20,85
0,41897	0,09625	0,00102	0,00204	41,64

Lanjutan Tabel Analisis Pengolahan Data Tanah Pakai (Data Tanah 3)

Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	Ch (cm ² /s)	C' (kN/m ²)
0,51937	0,11472	0,00101	0,00203	30,92
0,48952	0,10602	0,00125	0,00251	40,28

Lampiran 2

Tabel Pembebanan STA 150+250 (Timbunan TANAH SIRTU)

H beban timbunan (m)	q timbunan (kN/m ²)	H pavement (m)	q pavement (kN/m ²)	q lalu lintas (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a (m)	b (m)
3	55,5	0,1	2,2	11	0,59	6	16
5	92,5	0,1	2,2	11	0,59	10	16
7	129,5	0,1	2,2	11	0,59	14	16
9	166,5	0,1	2,2	11	0,59	18	16

Tabel Tegangan Overburden Efektif STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m ³)	Po' (kN/m ²)
1	0,5	7,019	3,5095
2	1,5	7,019	10,5285
3	2,5	7,019	17,5475
4	3,5	6,844	24,4790
5	4,5	6,844	31,3230
6	5,5	6,844	38,1670
7	6,5	6,68	44,9290
8	7,5	6,68	51,6090
9	8,5	6,68	58,2890
10	9,5	7,284	65,2710
11	10,5	7,284	72,5550
12	11,5	7,284	79,8390
13	12,5	7,376	87,1690
14	13,5	7,376	94,5450
15	14,5	7,376	101,9210

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16	6	0,48796	88,21009	55,5	27,750	55,500
2	1,5	16	6	1,45533	84,64417	55,5	27,744	55,488
3	2,5	16	6	2,39759	81,11934	55,5	27,722	55,445
4	3,5	16	6	3,29960	77,66091	55,5	27,676	55,352
5	4,5	16	6	4,14851	74,29136	55,5	27,597	55,193
6	5,5	16	6	4,93416	71,02959	55,5	27,479	54,958
7	6,5	16	6	5,64943	67,89055	55,5	27,320	54,640
8	7,5	16	6	6,29012	64,88517	55,5	27,118	54,235
9	8,5	16	6	6,85476	62,02053	55,5	26,873	53,745
10	9,5	16	6	7,34416	59,30028	55,5	26,587	53,174
11	10,5	16	6	7,76102	56,72511	55,5	26,265	52,529
12	11,5	16	6	8,10940	54,29331	55,5	25,909	51,817
13	12,5	16	6	8,39428	52,00127	55,5	25,524	51,048
14	13,5	16	6	8,62121	49,84400	55,5	25,115	50,231
15	14,5	16	6	8,79593	47,81556	55,5	24,687	49,375

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16	10	0,68820	88,21009	92,5	46,250	92,499
2	1,5	16	10	2,05396	84,64417	92,5	46,242	92,484
3	2,5	16	10	3,38833	81,11934	92,5	46,214	92,427
4	3,5	16	10	4,67228	77,66091	92,5	46,152	92,304
5	4,5	16	10	5,88934	74,29136	92,5	46,046	92,093
6	5,5	16	10	7,02623	71,02959	92,5	45,889	91,778
7	6,5	16	10	8,07320	67,89055	92,5	45,675	91,350
8	7,5	16	10	9,02402	64,88517	92,5	45,401	90,802
9	8,5	16	10	9,87571	62,02053	92,5	45,067	90,133
10	9,5	16	10	10,62820	59,30028	92,5	44,674	89,348
11	10,5	16	10	11,28376	56,72511	92,5	44,227	88,454
12	11,5	16	10	11,84652	54,29331	92,5	43,729	87,458
13	12,5	16	10	12,32192	52,00127	92,5	43,186	86,373
14	13,5	16	10	12,71627	49,84400	92,5	42,605	85,209
15	14,5	16	10	13,03637	47,81556	92,5	41,990	83,980

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16	14	0,83507	88,21009	129,5	64,750	129,499
2	1,5	16	14	2,49342	84,64417	129,5	64,741	129,482
3	2,5	16	14	4,11702	81,11934	129,5	64,708	129,416
4	3,5	16	14	5,68466	77,66091	129,5	64,637	129,273
5	4,5	16	14	7,17787	74,29136	129,5	64,514	129,029
6	5,5	16	14	8,58155	71,02959	129,5	64,332	128,663
7	6,5	16	14	9,88433	67,89055	129,5	64,082	128,164
8	7,5	16	14	11,07859	64,88517	129,5	63,761	127,522
9	8,5	16	14	12,16028	62,02053	129,5	63,367	126,735
10	9,5	16	14	13,12846	59,30028	129,5	62,903	125,806
11	10,5	16	14	13,98484	56,72511	129,5	62,371	124,741
12	11,5	16	14	14,73320	54,29331	129,5	61,775	123,549
13	12,5	16	14	15,37887	52,00127	129,5	61,121	122,242
14	13,5	16	14	15,92825	49,84400	129,5	60,416	120,832
15	14,5	16	14	16,38842	47,81556	129,5	59,666	119,332

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16	18	0,94739	88,21009	166,5	83,250	166,499
2	1,5	16	18	2,82971	84,64417	166,5	83,240	166,480
3	2,5	16	18	4,67530	81,11934	166,5	83,204	166,408
4	3,5	16	18	6,46169	77,66091	166,5	83,126	166,253
5	4,5	16	18	8,16919	74,29136	166,5	82,993	165,986
6	5,5	16	18	9,78157	71,02959	166,5	82,793	165,586
7	6,5	16	18	11,28644	67,89055	166,5	82,519	165,037
8	7,5	16	18	12,67527	64,88517	166,5	82,165	164,331
9	8,5	16	18	13,94323	62,02053	166,5	81,731	163,462
10	9,5	16	18	15,08873	59,30028	166,5	81,216	162,432
11	10,5	16	18	16,11297	56,72511	166,5	80,624	161,247
12	11,5	16	18	17,01934	54,29331	166,5	79,958	159,916
13	12,5	16	18	17,81293	52,00127	166,5	79,224	158,449
14	13,5	16	18	18,50001	49,84400	166,5	78,429	156,859
15	14,5	16	18	19,08762	47,81556	166,5	77,580	155,159

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	3,50	32	∞	9,14	∞	2,2	0,25	0,550
2	4,50	32	∞	7,11	∞	2,2	0,25	0,550
3	5,50	32	∞	5,82	∞	2,2	0,25	0,550
4	6,50	32	∞	4,92	∞	2,2	0,25	0,550
5	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
6	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
7	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
8	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
9	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
10	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
11	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
12	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
13	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
14	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
15	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	5,50	32	∞	5,82	∞	2,2	0,25	0,550
2	6,50	32	∞	4,92	∞	2,2	0,25	0,550
3	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
4	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
5	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
6	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
7	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
8	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
9	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
10	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
11	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
12	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
13	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
14	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
15	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
2	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
3	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
4	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
5	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
6	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
7	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
8	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
9	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
10	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
11	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
12	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
13	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524
14	20,50	32	∞	1,56	∞	2,2	0,235	0,517
15	21,50	32	∞	1,49	∞	2,2	0,235	0,517

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
2	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
3	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
4	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
5	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
6	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
7	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
8	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
9	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
10	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
11	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524
12	20,50	32	∞	1,56	∞	2,2	0,235	0,517
13	21,50	32	∞	1,49	∞	2,2	0,235	0,517
14	22,50	32	∞	1,42	∞	2,2	0,231	0,508
15	23,50	32	∞	1,36	∞	2,2	0,231	0,508

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	56,0495	3,5095	59,5590	15	18,5095	5,274	OC	0,135282
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	56,0379	10,5285	66,5664	15	25,5285	2,425	OC	0,101581
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	55,9948	17,5475	73,5423	15	32,5475	1,855	OC	0,083744
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,9017	24,4790	80,3807	15	39,4790	1,613	OC	0,069054
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,7432	31,3230	87,0662	15	46,3230	1,479	OC	0,060668
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,5083	38,1670	93,6753	15	53,1670	1,393	OC	0,054082
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	55,1898	44,9290	100,1188	15	59,9290	1,334	OC	0,051447
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	54,7852	51,6090	106,3942	15	66,6090	1,291	OC	0,046787
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	54,2888	58,2890	112,5778	15	73,2890	1,257	OC	0,042783
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	53,7179	65,2710	118,9889	15	80,2710	1,230	OC	0,037943
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	53,0614	72,5550	125,6164	15	87,5550	1,207	OC	0,034760
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	52,3495	79,8390	132,1885	15	94,8390	1,188	OC	0,031962
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	51,5803	87,1690	138,7493	15	102,1690	1,172	OC	0,025008
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	50,7586	94,5450	145,3036	15	109,5450	1,159	OC	0,023096
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	49,9028	101,9210	151,8238	15	116,9210	1,147	OC	0,021375
Sc total =											0,819572	

***Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250***

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	93,0494	3,5095	96,5589	15	18,5095	5,274	OC	0,177749
2	1	1,429	0,4916	0,1095	93,0340	10,5285	103,5625	15	25,5285	2,425	OC	0,140426
3	1	1,429	0,4916	0,1095	92,9770	17,5475	110,5245	15	32,5475	1,855	OC	0,119548
4	1	1,383	0,4635	0,1032	92,8535	24,4790	117,3325	15	39,4790	1,613	OC	0,101006
5	1	1,383	0,4635	0,1032	92,6426	31,3230	123,9656	15	46,3230	1,479	OC	0,090516
6	1	1,383	0,4635	0,1032	92,3283	38,1670	130,4953	15	53,1670	1,393	OC	0,082087
7	1	1,319	0,4733	0,1105	91,8932	44,9290	136,8222	15	59,9290	1,334	OC	0,079129
8	1	1,319	0,4733	0,1105	91,3451	51,6090	142,9541	15	66,6090	1,291	OC	0,072967
9	1	1,319	0,4733	0,1105	90,6658	58,2890	148,9548	15	73,2890	1,257	OC	0,067600
10	1	1,312	0,4576	0,1057	89,8808	65,2710	155,1518	15	80,2710	1,230	OC	0,060755
11	1	1,312	0,4576	0,1057	88,9859	72,5550	161,5409	15	87,5550	1,207	OC	0,056381
12	1	1,312	0,4576	0,1057	87,9860	79,8390	167,8250	15	94,8390	1,188	OC	0,052480
13	1	1,176	0,3663	0,0832	86,9006	87,1690	174,0696	15	102,1690	1,172	OC	0,041588
14	1	1,176	0,3663	0,0832	85,7329	94,5450	180,2779	15	109,5450	1,159	OC	0,038862
15	1	1,176	0,3663	0,0832	84,5034	101,9210	186,4244	15	116,9210	1,147	OC	0,036384
											Sc total =	1,217478

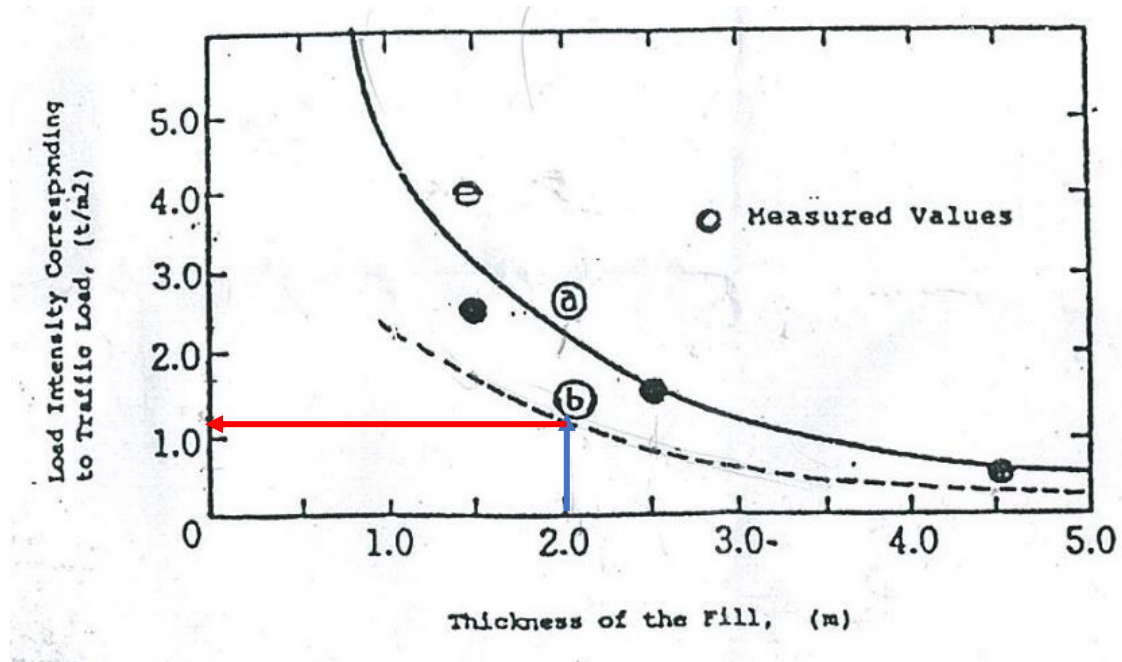
**Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250**

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	130,0493	3,5095	133,5588	15	18,5095	5,274	OC	0,206260
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	130,0316	10,5285	140,5601	15	25,5285	2,425	OC	0,167273
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	129,9659	17,5475	147,5134	15	32,5475	1,855	OC	0,144920
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,8231	24,4790	154,3021	15	39,4790	1,613	OC	0,124145
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,5722	31,3230	160,8952	15	46,3230	1,479	OC	0,112544
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,2069	38,1670	167,3739	15	53,1670	1,393	OC	0,103112
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	128,6960	44,9290	173,6250	15	59,9290	1,334	OC	0,100243
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	128,0539	51,6090	179,6629	15	66,6090	1,291	OC	0,093224
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	127,2672	58,2890	185,5562	15	73,2890	1,257	OC	0,087073
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	126,3339	65,2710	191,6049	15	80,2710	1,230	OC	0,078895
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	125,2691	72,5550	197,8241	15	87,5550	1,207	OC	0,073798
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	124,0730	79,8390	203,9120	15	94,8390	1,188	OC	0,069222
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	122,7658	87,1690	209,9348	15	102,1690	1,172	OC	0,055283
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	121,3491	94,5450	215,8941	15	109,5450	1,159	OC	0,052042
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	119,8492	101,9210	221,7702	15	116,9210	1,147	OC	0,049076
											Sc total =	1,517111

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	167,0493	3,5095	170,5588	15	18,5095	5,274	OC	0,227752
2	1	1,429	0,4916	0,1095	167,0300	10,5285	177,5585	15	25,5285	2,425	OC	0,187809
3	1	1,429	0,4916	0,1095	166,9518	17,5475	184,4993	15	32,5475	1,855	OC	0,164583
4	1	1,383	0,4635	0,1032	166,7961	24,4790	191,2751	15	39,4790	1,613	OC	0,142290
5	1	1,383	0,4635	0,1032	166,5182	31,3230	197,8412	15	46,3230	1,479	OC	0,130006
6	1	1,383	0,4635	0,1032	166,1183	38,1670	204,2853	15	53,1670	1,393	OC	0,119948
7	1	1,319	0,4733	0,1105	165,5697	44,9290	210,4987	15	59,9290	1,334	OC	0,117312
8	1	1,319	0,4733	0,1105	164,8586	51,6090	216,4676	15	66,6090	1,291	OC	0,109742
9	1	1,319	0,4733	0,1105	163,9898	58,2890	222,2788	15	73,2890	1,257	OC	0,103078
10	1	1,312	0,4576	0,1057	162,9559	65,2710	228,2269	15	80,2710	1,230	OC	0,093930
11	1	1,312	0,4576	0,1057	161,7709	72,5550	234,3259	15	87,5550	1,207	OC	0,088354
12	1	1,312	0,4576	0,1057	160,4328	79,8390	240,2718	15	94,8390	1,188	OC	0,083326
13	1	1,176	0,3663	0,0832	158,9656	87,1690	246,1346	15	102,1690	1,172	OC	0,066913
14	1	1,176	0,3663	0,0832	157,3669	94,5450	251,9119	15	109,5450	1,159	OC	0,063322
15	1	1,176	0,3663	0,0832	155,6676	101,9210	257,5886	15	116,9210	1,147	OC	0,060022
Sc total =											1,758387	

Penentuan Beban Lalu Lintas Dari Grafik

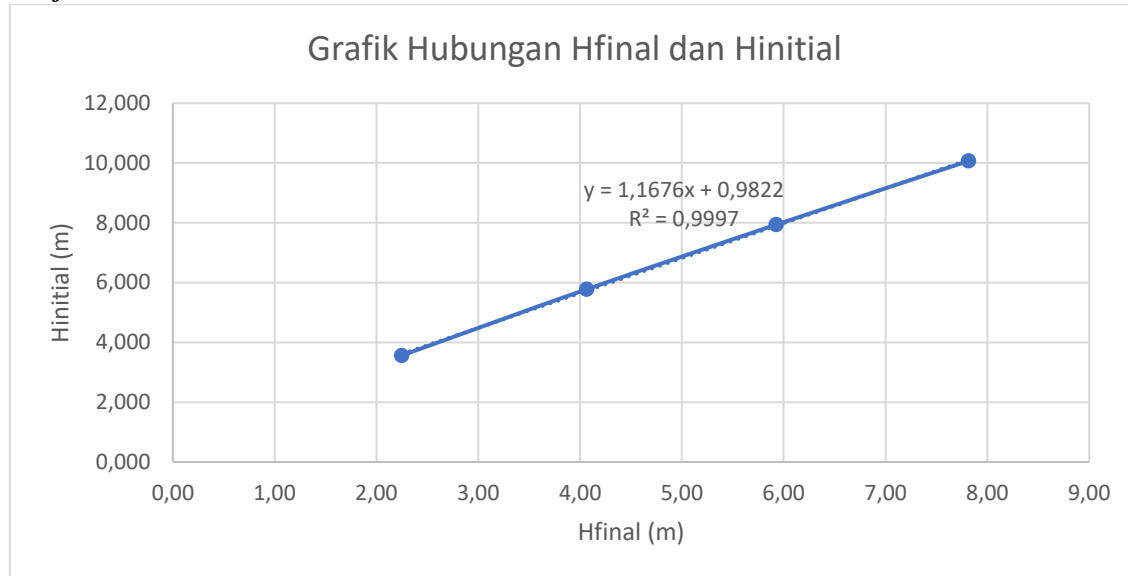


$$q_{LL} = 1,1 \text{ t/m}^2 = 11 \text{ kN/m}^2$$

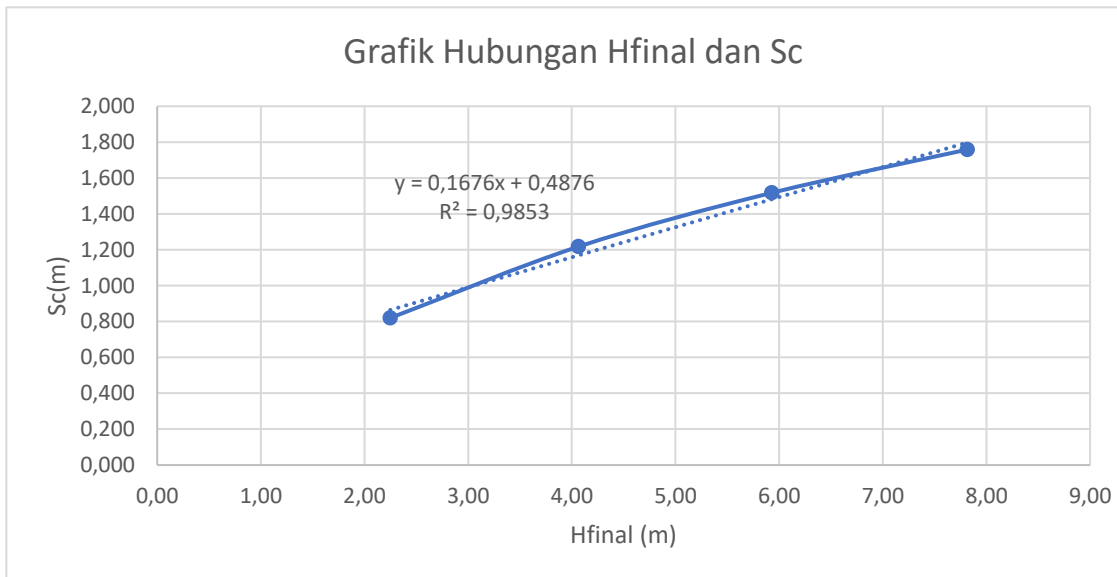
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,562	0,820	0,6	0,1	2,25
5	94,7	5,777	1,217	0,6	0,1	4,06
7	131,7	7,939	1,517	0,6	0,1	5,93
9	168,7	10,069	1,758	0,6	0,1	7,82

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250



Grafik Penentuan Sc Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250



Tabel Pembebanan STA 151+000 (Timbunan TANAH SIRTU)

H beban timbunan (m)	q timbunan (kN/m ²)	H pavement (m)	q pavement (kN/m ²)	q lalu lintas (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a (m)	b (m)
3	55,5	0,1	2,2	2	0,11	6	21
5	92,5	0,1	2,2	2	0,11	10	21
7	129,5	0,1	2,2	2	0,11	14	21
9	166,5	0,1	2,2	2	0,11	18	21

Tabel Tegangan Overburden Efektif STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m ³)	Po' (kN/m ²)
1	0,5	6,66486	3,3324
2	1,5	6,66486	9,9973
3	2,5	6,66486	16,6622
4	3,5	6,66486	23,3270
5	4,5	7,08231	30,2006
6	5,5	7,08231	37,2829
7	6,5	7,08231	44,3652
8	7,5	7,08231	51,4475
9	8,5	7,08231	58,5299
10	9,5	7,08231	65,6122
11	10,5	7,08231	72,6945
12	11,5	7,08231	79,7768
13	12,5	7,08231	86,8591
14	13,5	7,08231	93,9414
15	14,5	7,08231	101,0237

***Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000***

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m²)	1/2 Δp (kN/m²)	Δp (kN/m²)
1	0,5	21	6	0,30302	88,63607	55,5	27,750	55,500
2	1,5	21	6	0,90579	85,91438	55,5	27,747	55,494
3	2,5	21	6	1,49889	83,21103	55,5	27,736	55,473
4	3,5	21	6	2,07628	80,53768	55,5	27,713	55,427
5	4,5	21	6	2,63243	77,90524	55,5	27,673	55,347
6	5,5	21	6	3,16256	75,32361	55,5	27,613	55,226
7	6,5	21	6	3,66268	72,80146	55,5	27,529	55,058
8	7,5	21	6	4,12971	70,34618	55,5	27,420	54,840
9	8,5	21	6	4,56145	67,96377	55,5	27,285	54,569
10	9,5	21	6	4,95657	65,65891	55,5	27,122	54,244
11	10,5	21	6	5,31455	63,43495	55,5	26,933	53,866
12	11,5	21	6	5,63554	61,29405	55,5	26,718	53,437
13	12,5	21	6	5,92033	59,23728	55,5	26,479	52,959
14	13,5	21	6	6,17018	57,26477	55,5	26,218	52,436
15	14,5	21	6	6,38671	55,37584	55,5	25,936	51,872

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21	10	0,43988	88,63607	92,5	46,250	92,500
2	1,5	21	10	1,31540	85,91438	92,5	46,246	92,492
3	2,5	21	10	2,17833	83,21103	92,5	46,231	92,463
4	3,5	21	10	3,02072	80,53768	92,5	46,200	92,399
5	4,5	21	10	3,83532	77,90524	92,5	46,145	92,289
6	5,5	21	10	4,61570	75,32361	92,5	46,061	92,122
7	6,5	21	10	5,35647	72,80146	92,5	45,945	91,890
8	7,5	21	10	6,05328	70,34618	92,5	45,793	91,587
9	8,5	21	10	6,70294	67,96377	92,5	45,604	91,208
10	9,5	21	10	7,30332	65,65891	92,5	45,376	90,752
11	10,5	21	10	7,85331	63,43495	92,5	45,109	90,219
12	11,5	21	10	8,35272	61,29405	92,5	44,805	89,609
13	12,5	21	10	8,80216	59,23728	92,5	44,464	88,927
14	13,5	21	10	9,20288	57,26477	92,5	44,088	88,177
15	14,5	21	10	9,55669	55,37584	92,5	43,681	87,363

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m2)	1/2 Δp (kN/m2)	Δp (kN/m2)
1	0,5	21	14	0,54547	88,63607	129,5	64,750	129,500
2	1,5	21	14	1,63159	85,91438	129,5	64,745	129,490
3	2,5	21	14	2,70336	83,21103	129,5	64,728	129,456
4	3,5	21	14	3,75173	80,53768	129,5	64,690	129,381
5	4,5	21	14	4,76835	77,90524	129,5	64,625	129,250
6	5,5	21	14	5,74580	75,32361	129,5	64,526	129,051
7	6,5	21	14	6,67776	72,80146	129,5	64,387	128,775
8	7,5	21	14	7,55907	70,34618	129,5	64,206	128,412
9	8,5	21	14	8,38581	67,96377	129,5	63,979	127,958
10	9,5	21	14	9,15525	65,65891	129,5	63,705	127,409
11	10,5	21	14	9,86581	63,43495	129,5	63,383	126,765
12	11,5	21	14	10,51691	61,29405	129,5	63,013	126,027
13	12,5	21	14	11,10890	59,23728	129,5	62,599	125,197
14	13,5	21	14	11,64289	57,26477	129,5	62,140	124,280
15	14,5	21	14	12,12063	55,37584	129,5	61,640	123,280

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21	18	0,62941	88,63607	166,5	83,250	166,500
2	1,5	21	18	1,88302	85,91438	166,5	83,245	166,489
3	2,5	21	18	3,12119	83,21103	166,5	83,226	166,451
4	3,5	21	18	4,33413	80,53768	166,5	83,184	166,367
5	4,5	21	18	5,51281	77,90524	166,5	83,111	166,222
6	5,5	21	18	6,64916	75,32361	166,5	83,000	166,001
7	6,5	21	18	7,73622	72,80146	166,5	82,846	165,692
8	7,5	21	18	8,76830	70,34618	166,5	82,643	165,287
9	8,5	21	18	9,74096	67,96377	166,5	82,389	164,778
10	9,5	21	18	10,65104	65,65891	166,5	82,081	164,162
11	10,5	21	18	11,49656	63,43495	166,5	81,718	163,437
12	11,5	21	18	12,27665	61,29405	166,5	81,301	162,603
13	12,5	21	18	12,99140	59,23728	166,5	80,831	161,663
14	13,5	21	18	13,64173	57,26477	166,5	80,310	160,620
15	14,5	21	18	14,22928	55,37584	166,5	79,741	159,481

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	3,50	42	∞	12,00	∞	2,2	0,250	0,550
2	4,50	42	∞	9,33	∞	2,2	0,250	0,550
3	5,50	42	∞	7,64	∞	2,2	0,250	0,550
4	6,50	42	∞	6,46	∞	2,2	0,250	0,550
5	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
6	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
7	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
8	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
9	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
10	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
11	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
12	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
13	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
14	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
15	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	5,50	42	∞	7,64	∞	2,2	0,250	0,550
2	6,50	42	∞	6,46	∞	2,2	0,250	0,550
3	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
4	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
5	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
6	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
7	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
8	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
9	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
10	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
11	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
12	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
13	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
14	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
15	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
2	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
3	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
4	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
5	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
6	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
7	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
8	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
9	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
10	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
11	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
12	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
13	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532
14	20,50	42	∞	2,05	∞	2,2	0,240	0,528
15	21,50	42	∞	1,95	∞	2,2	0,240	0,528

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
2	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
3	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
4	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
5	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
6	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
7	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
8	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
9	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
10	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
11	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532
12	20,50	42	∞	2,05	∞	2,2	0,240	0,528
13	21,50	42	∞	1,95	∞	2,2	0,240	0,528
14	22,50	42	∞	1,87	∞	2,2	0,238	0,524
15	23,50	42	∞	1,79	∞	2,2	0,238	0,524

***Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000***

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	56,0498	3,3324	59,3822	15	18,3324	5,501	OC	0,142790
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	56,0441	9,9973	66,0414	15	24,9973	2,500	OC	0,107851
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	56,0229	16,6622	72,6851	15	31,6622	1,900	OC	0,089322
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,9766	23,3270	79,3036	15	38,3270	1,643	OC	0,076810
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,8966	30,2006	86,0972	15	45,2006	1,497	OC	0,059698
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,7757	37,2829	93,0586	15	52,2829	1,402	OC	0,052994
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,6082	44,3652	99,9734	15	59,3652	1,338	OC	0,047637
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,3901	51,4475	106,8376	15	66,4475	1,292	OC	0,043228
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,1190	58,5299	113,6489	15	73,5299	1,256	OC	0,039515
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,7942	65,6122	120,4063	15	80,6122	1,229	OC	0,036330
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,4161	72,6945	127,1106	15	87,6945	1,206	OC	0,033558
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,9866	79,7768	133,7634	15	94,7768	1,188	OC	0,031115
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,5020	86,8591	140,3611	15	101,8591	1,173	OC	0,028935
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,9789	93,9414	146,9203	15	108,9414	1,160	OC	0,026982
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,4150	101,0237	153,4387	15	116,0237	1,148	OC	0,025216
Sc total =											0,841980	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	93,0497	3,3324	96,3821	15	18,3324	5,501	OC	0,187121
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	93,0419	9,9973	103,0392	15	24,9973	2,500	OC	0,148567
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	93,0128	16,6622	109,6750	15	31,6622	1,900	OC	0,126978
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	92,9492	23,3270	116,2762	15	38,3270	1,643	OC	0,111838
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	92,8390	30,2006	123,0396	15	45,2006	1,497	OC	0,088617
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	92,6721	37,2829	129,9550	15	52,2829	1,402	OC	0,080044
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	92,4400	44,3652	136,8052	15	59,3652	1,338	OC	0,073043
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	92,1367	51,4475	143,5842	15	66,4475	1,292	OC	0,067172
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	91,7580	58,5299	150,2878	15	73,5299	1,256	OC	0,062149
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	91,3020	65,6122	156,9141	15	80,6122	1,229	OC	0,057781
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	90,7620	72,6945	163,4564	15	87,6945	1,206	OC	0,053929
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	90,1528	79,7768	169,9296	15	94,7768	1,188	OC	0,050499
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	89,4708	86,8591	176,3299	15	101,8591	1,173	OC	0,047414
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	88,7093	93,9414	182,6507	15	108,9414	1,160	OC	0,044615
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	87,8951	101,0237	188,9189	15	116,0237	1,148	OC	0,042066
Sc total =											1,241833	

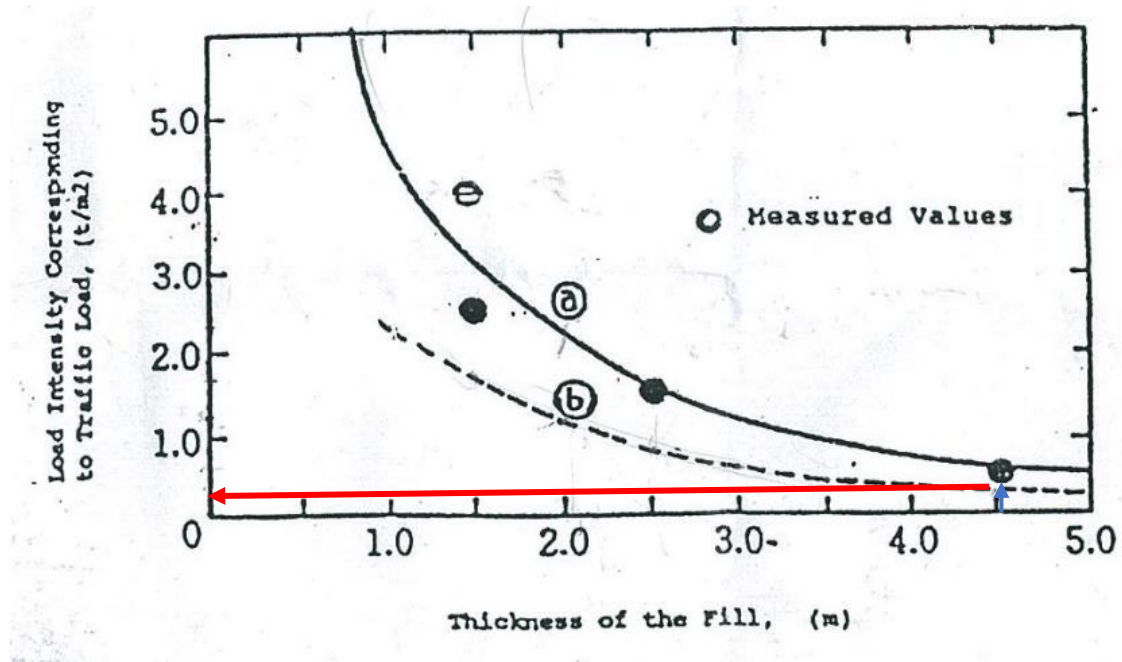
**Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000**

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m2)	Po' (kN/m2)	Po' + Δp (kN/m2)	P'c (kN/m2)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	130,0496	3,3324	133,3821	18,3324	5,501	OC	0,216860
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	130,0404	9,9973	140,0377	24,9973	2,500	OC	0,176650
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	130,0060	16,6622	146,6682	31,6622	1,900	OC	0,153582
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	129,9306	23,3270	153,2576	38,3270	1,643	OC	0,137115
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,7998	30,2006	160,0004	45,2006	1,497	OC	0,109893
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,6012	37,2829	166,8842	52,2829	1,402	OC	0,100303
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,3246	44,3652	173,6898	59,3652	1,338	OC	0,092378
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	128,9620	51,4475	180,4095	66,4475	1,292	OC	0,085665
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	128,5013	58,5299	187,0312	73,5299	1,256	OC	0,079866
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	127,9528	65,6122	193,5649	80,6122	1,229	OC	0,074784
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	127,3087	72,6945	200,0032	87,6945	1,206	OC	0,070273
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	126,5594	79,7768	206,3362	94,7768	1,188	OC	0,066223
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	125,7294	86,8591	212,5885	101,8591	1,173	OC	0,062562
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	124,8077	93,9414	218,7491	108,9414	1,160	OC	0,059223
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	123,8083	101,0237	224,8320	116,0237	1,148	OC	0,056162
										Sc total =	1,541539

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	167,0496	3,3324	170,3820	15	18,3324	5,501	OC	0,239270
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	167,0394	9,9973	177,0367	15	24,9973	2,500	OC	0,198109
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	167,0012	16,6622	183,6633	15	31,6622	1,900	OC	0,174170
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	166,9173	23,3270	190,2444	15	38,3270	1,643	OC	0,156903
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,7719	30,2006	196,9725	15	45,2006	1,497	OC	0,126732
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,5507	37,2829	203,8336	15	52,2829	1,402	OC	0,116504
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,2354	44,3652	210,6007	15	59,3652	1,338	OC	0,107986
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	165,8301	51,4475	217,2776	15	66,4475	1,292	OC	0,100727
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	165,3214	58,5299	223,8513	15	73,5299	1,256	OC	0,094422
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	164,6943	65,6122	230,3065	15	80,6122	1,229	OC	0,088862
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	163,9691	72,6945	236,6636	15	87,6945	1,206	OC	0,083906
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	163,1309	79,7768	242,9077	15	94,7768	1,188	OC	0,079440
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	162,1908	86,8591	249,0499	15	101,8591	1,173	OC	0,075383
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	161,1440	93,9414	255,0855	15	108,9414	1,160	OC	0,071671
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	160,0046	101,0237	261,0283	15	116,0237	1,148	OC	0,068254
Sc total =											1,782339	

Penentuan Beban Lalu Lintas Dari Grafik

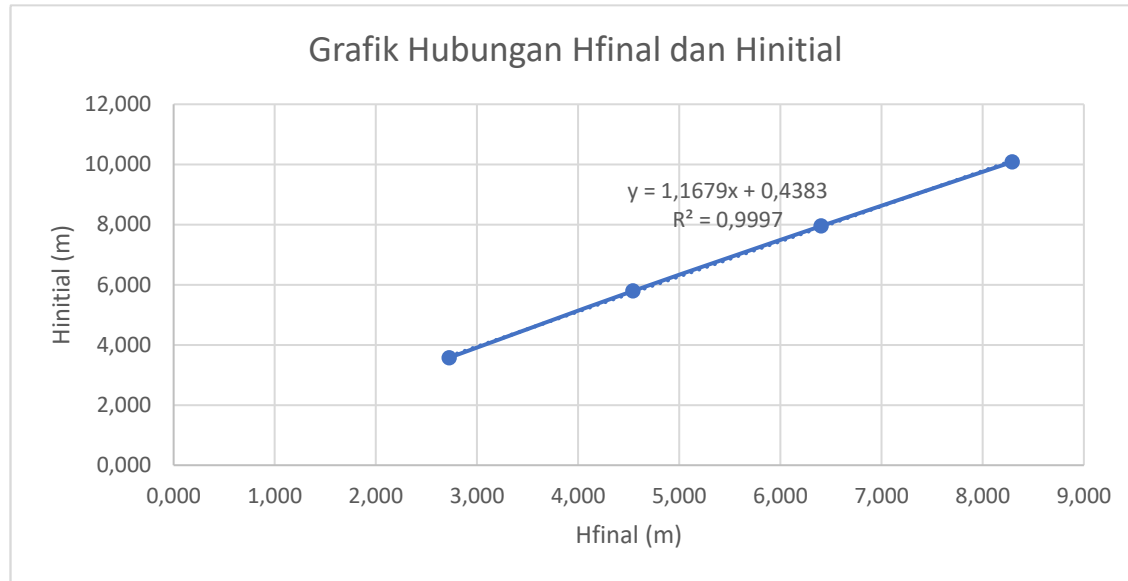


$$q_{LL} = 0,2 \text{ t/m}^2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

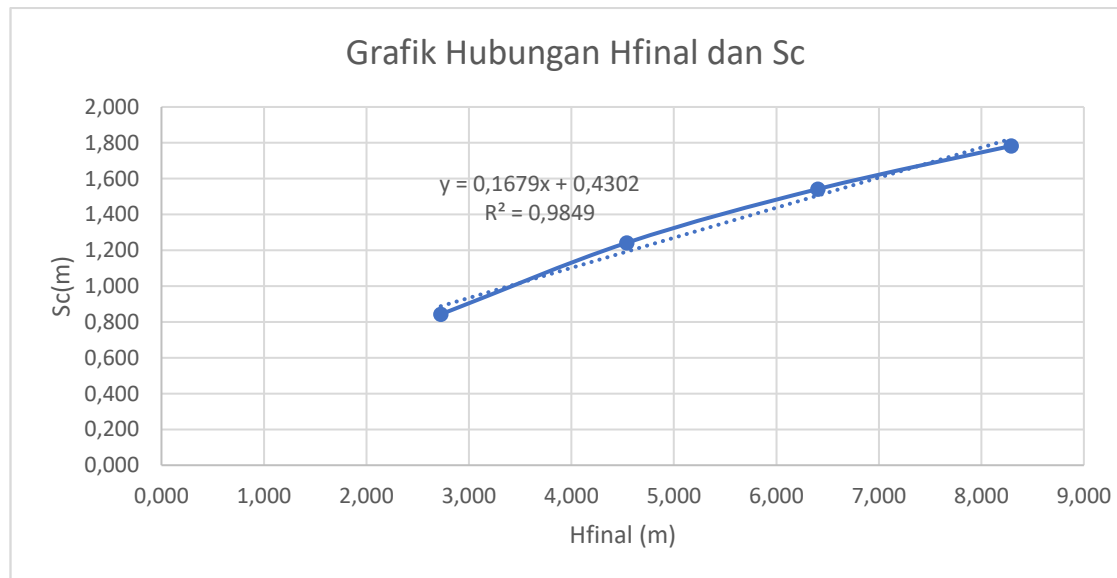
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,574	0,842	0,11	0,1	2,724
5	94,7	5,790	1,242	0,11	0,1	4,540
7	131,7	7,952	1,542	0,11	0,1	6,403
9	168,7	10,082	1,782	0,11	0,1	8,292

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000



Grafik Penentuan Sc Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000



Tabel Pembebanan STA 154+000 (Timbunan TANAH SIRTU)

H beban timbunan (m)	q timbunan (kN/m ²)	H pavement (m)	q pavement (kN/m ²)	q lalu lintas (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a (m)	b (m)
3	55,5	0,1	2,2	1	0,05	6	17
5	92,5	0,1	2,2	1	0,05	10	17
7	129,5	0,1	2,2	1	0,05	14	17
9	166,5	0,1	2,2	1	0,05	18	17

Tabel Tegangan Overburden Efektif STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m ³)	Po' (kN/m ²)
1	0,5	6,617	3,3085
2	1,5	6,617	9,9255
3	2,5	6,617	16,5425
4	3,5	6,629	23,1655
5	4,5	6,629	29,7945
6	5,5	6,629	36,4235

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17	6	0,43932	88,31532	55,5	27,750	55,500
2	1,5	17	6	1,31105	84,95755	55,5	27,745	55,490
3	2,5	17	6	2,16244	81,63411	55,5	27,726	55,453
4	3,5	17	6	2,98109	78,36637	55,5	27,686	55,373
5	4,5	17	6	3,75628	75,17352	55,5	27,618	55,236
6	5,5	17	6	4,47930	72,07208	55,5	27,517	55,033

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17	10	0,62377	88,31532	92,5	46,250	92,499
2	1,5	17	10	1,86262	84,95755	92,5	46,243	92,486
3	2,5	17	10	3,07580	81,63411	92,5	46,219	92,437
4	3,5	17	10	4,24759	78,36637	92,5	46,165	92,330
5	4,5	17	10	5,36416	75,17352	92,5	46,074	92,147
6	5,5	17	10	6,41409	72,07208	92,5	45,937	91,873

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17	14	0,76064	88,31532	129,5	64,750	129,499
2	1,5	17	14	2,27224	84,95755	129,5	64,742	129,484
3	2,5	17	14	3,75524	81,63411	129,5	64,714	129,427
4	3,5	17	14	5,19203	78,36637	129,5	64,651	129,303
5	4,5	17	14	6,56704	75,17352	129,5	64,545	129,090
6	5,5	17	14	7,86723	72,07208	129,5	64,385	128,770

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17	18	0,86623	88,31532	166,5	83,250	166,499
2	1,5	17	18	2,58842	84,95755	166,5	83,241	166,483
3	2,5	17	18	4,28027	81,63411	166,5	83,210	166,420
4	3,5	17	18	5,92304	78,36637	166,5	83,142	166,284
5	4,5	17	18	7,50007	75,17352	166,5	83,025	166,050
6	5,5	17	18	8,99733	72,07208	166,5	82,849	165,699

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	3,50	34	∞	9,71	∞	2,2	0,25	0,550
2	4,50	34	∞	7,56	∞	2,2	0,25	0,550
3	5,50	34	∞	6,18	∞	2,2	0,25	0,550
4	6,50	34	∞	5,23	∞	2,2	0,25	0,550
5	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
6	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	5,50	34	∞	6,18	∞	2,2	0,25	0,550
2	6,50	34	∞	5,23	∞	2,2	0,25	0,550
3	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
4	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550
5	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
6	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
2	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550
3	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
4	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550
5	11,50	34	∞	2,96	∞	2,2	0,25	0,543
6	12,50	34	∞	2,72	∞	2,2	0,247	0,543

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
2	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550
3	11,50	34	∞	2,96	∞	2,2	0,25	0,543
4	12,50	34	∞	2,72	∞	2,2	0,247	0,543
5	13,50	34	∞	2,52	∞	2,2	0,247	0,543
6	14,50	34	∞	2,34	∞	2,2	0,242	0,532

**Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000**

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4890	0,5194	0,1147	56,0496	3,3085	59,3581	15	18,3085	5,534	OC	0,140839
2	1	1,4890	0,5194	0,1147	56,0397	9,9255	65,9652	15	24,9255	2,511	OC	0,106628
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	56,0028	16,5425	72,5453	15	31,5425	1,907	OC	0,088396
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,9229	23,1655	79,0884	15	38,1655	1,648	OC	0,071992
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,7864	29,7945	85,5809	15	44,7945	1,503	OC	0,063296
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,5830	36,4235	92,0065	15	51,4235	1,412	OC	0,056479
											Sc total =	0,527629

***Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000***

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,489	0,5194	0,1147	93,0495	3,3085	96,3580	15	18,3085	5,534	OC	0,184743
2	1	1,489	0,5194	0,1147	93,0363	9,9255	102,9618	15	24,9255	2,511	OC	0,146976
3	1	1,489	0,5194	0,1147	92,9871	16,5425	109,5296	15	31,5425	1,907	OC	0,125731
4	1	1,471	0,4895	0,1060	92,8803	23,1655	116,0458	15	38,1655	1,648	OC	0,104980
5	1	1,471	0,4895	0,1060	92,6972	29,7945	122,4917	15	44,7945	1,503	OC	0,094147
6	1	1,471	0,4895	0,1060	92,4232	36,4235	128,8467	15	51,4235	1,412	OC	0,085453
											Sc total =	0,742029

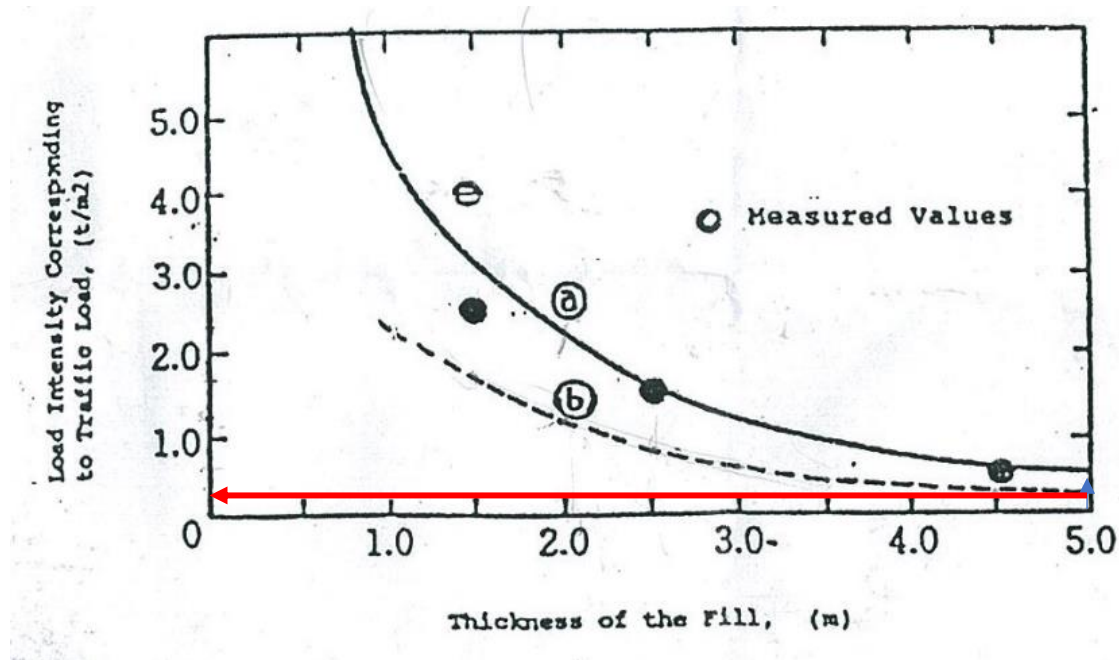
Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4890	0,5194	0,1147	130,0494	3,3085	133,3579	15	18,3085	5,534	OC	0,214192
2	1	1,4890	0,5194	0,1147	130,0341	9,9255	139,9596	15	24,9255	2,511	OC	0,174796
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	129,9770	16,5425	146,5195	15	31,5425	1,907	OC	0,152098
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,8529	23,1655	153,0184	15	38,1655	1,648	OC	0,128775
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,6331	29,7945	159,4276	15	44,7945	1,503	OC	0,116821
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,3130	36,4235	165,7365	15	51,4235	1,412	OC	0,107115
											Sc total =	0,893798

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,489	0,5194	0,1147	167,0494	3,3085	170,3579	15	18,3085	5,534	OC	0,236382
2	1	1,489	0,5194	0,1147	167,0326	9,9255	176,9581	15	24,9255	2,511	OC	0,196052
3	1	1,489	0,5194	0,1147	166,9636	16,5425	183,5061	15	31,5425	1,907	OC	0,172496
4	1	1,471	0,4895	0,1060	166,8277	23,1655	189,9932	15	38,1655	1,648	OC	0,147396
5	1	1,471	0,4895	0,1060	166,5938	29,7945	196,3883	15	44,7945	1,503	OC	0,134760
6	1	1,471	0,4895	0,1060	166,2311	36,4235	202,6546	15	51,4235	1,412	OC	0,124417
											Sc total =	1,011504

Penentuan Beban Lalu Lintas Dari Grafik

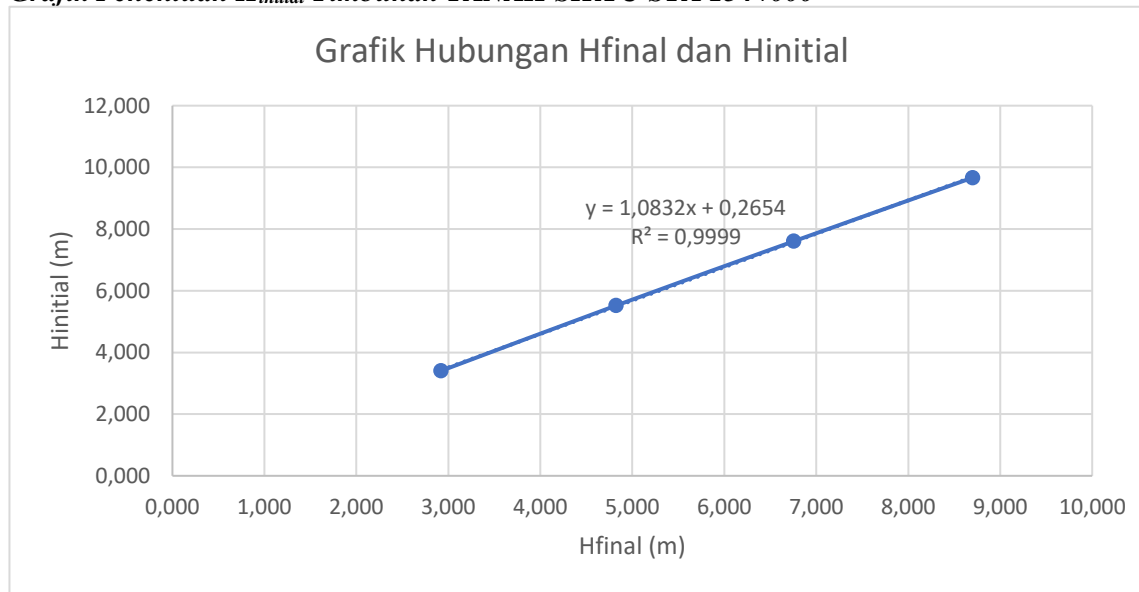


$$q_{LL} = 0,1 \text{ t/m}^2 = 1 \text{ kN/m}^2$$

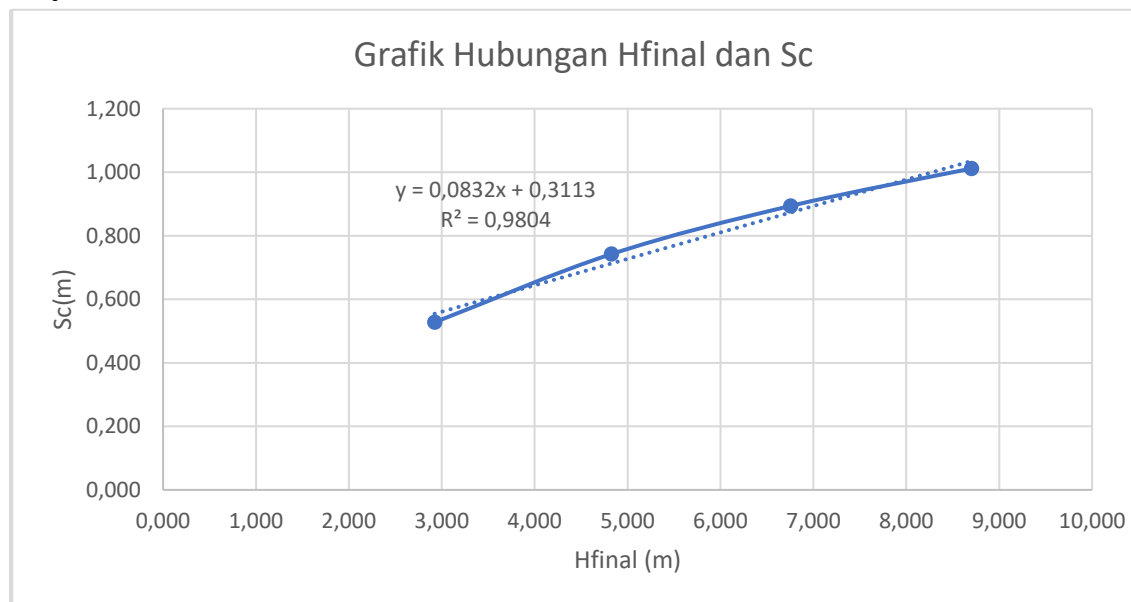
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,404	0,528	0,05	0,1	2,922
5	94,7	5,520	0,742	0,05	0,1	4,824
7	131,7	7,602	0,894	0,05	0,1	6,754
9	168,7	9,666	1,012	0,05	0,1	8,700

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000



Grafik Penentuan S_c Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000



Tabel Pembebanan STA 150+250 (Timbunan MORTAR BUSA)

H beban timbunan BASE (m)	H beban timbunan SUBBASE (m)	q timbunan BASE (kN/m ²)	q timbunan SUBBASE (kN/m ²)	q timbunan (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a BASE (m)	b BASE (m)	a SUBBASE (m)	b SUBBASE (m)
0,3	2,7	2,4	16,2	18,6	1,38	0,6	16	5,4	16,6
0,3	4,7	2,4	28,2	30,6	1,38	0,6	16	9,4	16,6
0,3	6,7	2,4	40,2	42,6	1,38	0,6	16	13,4	16,6
0,3	8,7	2,4	52,2	54,6	1,38	0,6	16	17,4	16,6

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA

Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	3,2	16	0,60	0,39880	78,69007	2,4	1,196	2,393
2	4,2	16	0,60	0,50975	75,29170	2,4	1,192	2,384
3	5,2	16	0,60	0,61084	71,99584	2,4	1,185	2,371
4	6,2	16	0,60	0,70099	68,81865	2,4	1,176	2,352
5	7,2	16	0,60	0,77968	65,77225	2,4	1,165	2,329
6	8,2	16	0,60	0,84688	62,86486	2,4	1,151	2,301
7	9,2	16	0,60	0,90294	60,10110	2,4	1,134	2,269
8	10,2	16	0,60	0,94854	57,48249	2,4	1,116	2,233
9	11,2	16	0,60	0,98453	55,00798	2,4	1,097	2,193
10	12,2	16	0,60	1,01188	52,67448	2,4	1,076	2,151
11	13,2	16	0,60	1,03159	50,47737	2,4	1,054	2,107
12	14,2	16	0,60	1,04466	48,41094	2,4	1,031	2,062
13	15,2	16	0,60	1,05203	46,46880	2,4	1,008	2,015
14	16,2	16	0,60	1,05456	44,64413	2,4	0,984	1,969
15	17,2	16	0,60	1,05305	42,92997	2,4	0,961	1,922

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	5,2	16	0,60	0,61084	71,99584	2,4	1,185	2,371
2	6,2	16	0,60	0,70099	68,81865	2,4	1,176	2,352
3	7,2	16	0,60	0,77968	65,77225	2,4	1,165	2,329
4	8,2	16	0,60	0,84688	62,86486	2,4	1,151	2,301
5	9,2	16	0,60	0,90294	60,10110	2,4	1,134	2,269
6	10,2	16	0,60	0,94854	57,48249	2,4	1,116	2,233
7	11,2	16	0,60	0,98453	55,00798	2,4	1,097	2,193
8	12,2	16	0,60	1,01188	52,67448	2,4	1,076	2,151
9	13,2	16	0,60	1,03159	50,47737	2,4	1,054	2,107
10	14,2	16	0,60	1,04466	48,41094	2,4	1,031	2,062
11	15,2	16	0,60	1,05203	46,46880	2,4	1,008	2,015
12	16,2	16	0,60	1,05456	44,64413	2,4	0,984	1,969
13	17,2	16	0,60	1,05305	42,92997	2,4	0,961	1,922
14	18,2	16	0,60	1,04819	41,31938	2,4	0,938	1,875
15	19,2	16	0,60	1,04058	39,80557	2,4	0,915	1,829

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	7,2	16	0,60	0,77968	65,77225	2,4	1,165	2,329
2	8,2	16	0,60	0,84688	62,86486	2,4	1,151	2,301
3	9,2	16	0,60	0,90294	60,10110	2,4	1,134	2,269
4	10,2	16	0,60	0,94854	57,48249	2,4	1,116	2,233
5	11,2	16	0,60	0,98453	55,00798	2,4	1,097	2,193
6	12,2	16	0,60	1,01188	52,67448	2,4	1,076	2,151
7	13,2	16	0,60	1,03159	50,47737	2,4	1,054	2,107
8	14,2	16	0,60	1,04466	48,41094	2,4	1,031	2,062
9	15,2	16	0,60	1,05203	46,46880	2,4	1,008	2,015
10	16,2	16	0,60	1,05456	44,64413	2,4	0,984	1,969
11	17,2	16	0,60	1,05305	42,92997	2,4	0,961	1,922
12	18,2	16	0,60	1,04819	41,31938	2,4	0,938	1,875
13	19,2	16	0,60	1,04058	39,80557	2,4	0,915	1,829
14	20,2	16	0,60	1,03074	38,38201	2,4	0,892	1,784
15	21,2	16	0,60	1,01914	37,04247	2,4	0,870	1,740

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	9,2	16	0,60	0,90294	60,10110	2,4	1,134	2,269
2	10,2	16	0,60	0,94854	57,48249	2,4	1,116	2,233
3	11,2	16	0,60	0,98453	55,00798	2,4	1,097	2,193
4	12,2	16	0,60	1,01188	52,67448	2,4	1,076	2,151
5	13,2	16	0,60	1,03159	50,47737	2,4	1,054	2,107
6	14,2	16	0,60	1,04466	48,41094	2,4	1,031	2,062
7	15,2	16	0,60	1,05203	46,46880	2,4	1,008	2,015
8	16,2	16	0,60	1,05456	44,64413	2,4	0,984	1,969
9	17,2	16	0,60	1,05305	42,92997	2,4	0,961	1,922
10	18,2	16	0,60	1,04819	41,31938	2,4	0,938	1,875
11	19,2	16	0,60	1,04058	39,80557	2,4	0,915	1,829
12	20,2	16	0,60	1,03074	38,38201	2,4	0,892	1,784
13	21,2	16	0,60	1,01914	37,04247	2,4	0,870	1,740
14	22,2	16	0,60	1,00615	35,78107	2,4	0,848	1,696
15	23,2	16	0,60	0,99208	34,59229	2,4	0,827	1,654

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16,60	5,4	0,42330	88,27475	16,2	8,100	16,200
2	1,5	16,60	5,4	1,26281	84,83669	16,2	8,098	16,197
3	2,5	16,60	5,4	2,08144	81,43548	16,2	8,092	16,185
4	3,5	16,60	5,4	2,86657	78,09395	16,2	8,080	16,159
5	4,5	16,60	5,4	3,60734	74,83253	16,2	8,058	16,115
6	5,5	16,60	5,4	4,29510	71,66866	16,2	8,025	16,050
7	6,5	16,60	5,4	4,92362	68,61636	16,2	7,981	15,962
8	7,5	16,60	5,4	5,48909	65,68620	16,2	7,924	15,849
9	8,5	16,60	5,4	5,98991	62,88537	16,2	7,856	15,712
10	9,5	16,60	5,4	6,42647	60,21796	16,2	7,776	15,552
11	10,5	16,60	5,4	6,80072	57,68541	16,2	7,685	15,371
12	11,5	16,60	5,4	7,11580	55,28690	16,2	7,585	15,170
13	12,5	16,60	5,4	7,37574	53,01981	16,2	7,476	14,952
14	13,5	16,60	5,4	7,58505	50,88016	16,2	7,360	14,721
15	14,5	16,60	5,4	7,74850	48,86298	16,2	7,239	14,478

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16,60	9,4	0,62355	88,27475	28,2	14,100	28,200
2	1,5	16,60	9,4	1,86144	84,83669	28,2	14,098	28,195
3	2,5	16,60	9,4	3,07219	81,43548	28,2	14,090	28,179
4	3,5	16,60	9,4	4,23925	78,09395	28,2	14,072	28,143
5	4,5	16,60	9,4	5,34817	74,83253	28,2	14,041	28,083
6	5,5	16,60	9,4	6,38716	71,66866	28,2	13,996	27,992
7	6,5	16,60	9,4	7,34739	68,61636	28,2	13,934	27,868
8	7,5	16,60	9,4	8,22298	65,68620	28,2	13,854	27,708
9	8,5	16,60	9,4	9,01087	62,88537	28,2	13,757	27,514
10	9,5	16,60	9,4	9,71051	60,21796	28,2	13,642	27,284
11	10,5	16,60	9,4	10,32346	57,68541	28,2	13,511	27,022
12	11,5	16,60	9,4	10,85292	55,28690	28,2	13,365	26,729
13	12,5	16,60	9,4	11,30337	53,01981	28,2	13,205	26,409
14	13,5	16,60	9,4	11,68011	50,88016	28,2	13,033	26,065
15	14,5	16,60	9,4	11,98895	48,86298	28,2	12,850	25,701

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m2)	1/2 Δp (kN/m2)	Δp (kN/m2)
1	0,5	16,60	13,4	0,77041	88,27475	40,2	20,100	40,200
2	1,5	16,60	13,4	2,30090	84,83669	40,2	20,097	40,195
3	2,5	16,60	13,4	3,80088	81,43548	40,2	20,088	40,175
4	3,5	16,60	13,4	5,25163	78,09395	40,2	20,067	40,134
5	4,5	16,60	13,4	6,63670	74,83253	40,2	20,031	40,062
6	5,5	16,60	13,4	7,94248	71,66866	40,2	19,977	39,954
7	6,5	16,60	13,4	9,15851	68,61636	40,2	19,904	39,807
8	7,5	16,60	13,4	10,27755	65,68620	40,2	19,809	39,617
9	8,5	16,60	13,4	11,29544	62,88537	40,2	19,692	39,384
10	9,5	16,60	13,4	12,21078	60,21796	40,2	19,554	39,108
11	10,5	16,60	13,4	13,02454	57,68541	40,2	19,395	38,791
12	11,5	16,60	13,4	13,73960	55,28690	40,2	19,217	38,434
13	12,5	16,60	13,4	14,36032	53,01981	40,2	19,021	38,043
14	13,5	16,60	13,4	14,89209	50,88016	40,2	18,809	37,619
15	14,5	16,60	13,4	15,34099	48,86298	40,2	18,583	37,166

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	16,60	17,4	0,88273	88,27475	52,2	26,100	52,200
2	1,5	16,60	17,4	2,63719	84,83669	52,2	26,097	52,194
3	2,5	16,60	17,4	4,35916	81,43548	52,2	26,086	52,173
4	3,5	16,60	17,4	6,02866	78,09395	52,2	26,063	52,127
5	4,5	16,60	17,4	7,62802	74,83253	52,2	26,024	52,048
6	5,5	16,60	17,4	9,14250	71,66866	52,2	25,965	51,929
7	6,5	16,60	17,4	10,56062	68,61636	52,2	25,883	51,766
8	7,5	16,60	17,4	11,87423	65,68620	52,2	25,778	51,555
9	8,5	16,60	17,4	13,07839	62,88537	52,2	25,648	51,296
10	9,5	16,60	17,4	14,17105	60,21796	52,2	25,493	50,987
11	10,5	16,60	17,4	15,15267	57,68541	52,2	25,315	50,631
12	11,5	16,60	11,0	12,09323	55,28690	52,2	24,833	49,665
13	12,5	16,60	17,4	16,79438	53,01981	52,2	24,893	49,785
14	13,5	16,60	17,4	17,46385	50,88016	52,2	24,651	49,303
15	14,5	16,60	17,4	18,04020	48,86298	52,2	24,393	48,786

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	3,50	32	∞	9,14	∞	2,2	0,25	0,550
2	4,50	32	∞	7,11	∞	2,2	0,25	0,550
3	5,50	32	∞	5,82	∞	2,2	0,25	0,550
4	6,50	32	∞	4,92	∞	2,2	0,25	0,550
5	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
6	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
7	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
8	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
9	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
10	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
11	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
12	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
13	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
14	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
15	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	5,50	32	∞	5,82	∞	2,2	0,25	0,550
2	6,50	32	∞	4,92	∞	2,2	0,25	0,550
3	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
4	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
5	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
6	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
7	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
8	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
9	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
10	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
11	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
12	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
13	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
14	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
15	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	7,50	32	∞	4,27	∞	2,2	0,25	0,550
2	8,50	32	∞	3,76	∞	2,2	0,25	0,550
3	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
4	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
5	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
6	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
7	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
8	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
9	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
10	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
11	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
12	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
13	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524
14	20,50	32	∞	1,56	∞	2,2	0,235	0,517
15	21,50	32	∞	1,49	∞	2,2	0,235	0,517

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	9,50	32	∞	3,37	∞	2,2	0,25	0,550
2	10,50	32	∞	3,05	∞	2,2	0,25	0,550
3	11,50	32	∞	2,78	∞	2,2	0,25	0,543
4	12,50	32	∞	2,56	∞	2,2	0,247	0,543
5	13,50	32	∞	2,37	∞	2,2	0,242	0,532
6	14,50	32	∞	2,21	∞	2,2	0,242	0,532
7	15,50	32	∞	2,06	∞	2,2	0,242	0,532
8	16,50	32	∞	1,94	∞	2,2	0,240	0,528
9	17,50	32	∞	1,83	∞	2,2	0,240	0,528
10	18,50	32	∞	1,73	∞	2,2	0,238	0,524
11	19,50	32	∞	1,64	∞	2,2	0,238	0,524
12	20,50	32	∞	1,56	∞	2,2	0,235	0,517
13	21,50	32	∞	1,49	∞	2,2	0,235	0,517
14	22,50	32	∞	1,42	∞	2,2	0,231	0,508
15	23,50	32	∞	1,36	∞	2,2	0,231	0,508

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	19,1425	3,5095	22,6520	15	18,5095	5,274	OC	0,050317
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	19,1305	10,5285	29,6590	15	25,5285	2,425	OC	0,030528
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	19,1053	17,5475	36,6528	15	32,5475	1,855	OC	0,022540
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	19,0614	24,4790	43,5404	15	39,4790	1,613	OC	0,017262
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	18,9944	31,3230	50,3174	15	46,3230	1,479	OC	0,014348
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	18,9013	38,1670	57,0683	15	53,1670	1,393	OC	0,012217
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	18,7805	44,9290	63,7095	15	59,9290	1,334	OC	0,011383
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	18,6315	51,6090	70,2405	15	66,6090	1,291	OC	0,009985
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	18,4486	58,2890	76,7376	15	73,2890	1,257	OC	0,008814
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	18,2466	65,2710	83,5176	15	80,2710	1,230	OC	0,007516
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	18,0101	72,5550	90,5651	15	87,5550	1,207	OC	0,006637
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	17,7640	79,8390	97,6030	15	94,8390	1,188	OC	0,005888
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	17,5002	87,1690	104,6692	15	102,1690	1,172	OC	0,004403
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	17,2173	94,5450	111,7623	15	109,5450	1,159	OC	0,003909
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	16,9273	101,9210	118,8483	15	116,9210	1,147	OC	0,003474
Sc total =											0,209221	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	31,1204	3,5095	34,6299	15	18,5095	5,274	OC	0,087624
2	1	1,429	0,4916	0,1095	31,0978	10,5285	41,6263	15	25,5285	2,425	OC	0,060319
3	1	1,429	0,4916	0,1095	31,0582	17,5475	48,6057	15	32,5475	1,855	OC	0,047347
4	1	1,383	0,4635	0,1032	30,9947	24,4790	55,4737	15	39,4790	1,613	OC	0,037724
5	1	1,383	0,4635	0,1032	30,9015	31,3230	62,2245	15	46,3230	1,479	OC	0,032290
6	1	1,383	0,4635	0,1032	30,7744	38,1670	68,9414	15	53,1670	1,393	OC	0,028184
7	1	1,319	0,4733	0,1105	30,6042	44,9290	75,5332	15	59,9290	1,334	OC	0,026472
8	1	1,319	0,4733	0,1105	30,4029	51,6090	82,0119	15	66,6090	1,291	OC	0,023717
9	1	1,319	0,4733	0,1105	30,1530	58,2890	88,4420	15	73,2890	1,257	OC	0,021396
10	1	1,312	0,4576	0,1057	29,8782	65,2710	95,1492	15	80,2710	1,230	OC	0,018724
11	1	1,312	0,4576	0,1057	29,5695	72,5550	102,1245	15	87,5550	1,207	OC	0,016963
12	1	1,312	0,4576	0,1057	29,2256	79,8390	109,0646	15	94,8390	1,188	OC	0,015432
13	1	1,176	0,3663	0,0832	28,8588	87,1690	116,0278	15	102,1690	1,172	OC	0,011934
14	1	1,176	0,3663	0,0832	28,4640	94,5450	123,0090	15	109,5450	1,159	OC	0,010919
15	1	1,176	0,3663	0,0832	28,0536	101,9210	129,9746	15	116,9210	1,147	OC	0,010016
Sc total =											0,449062	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

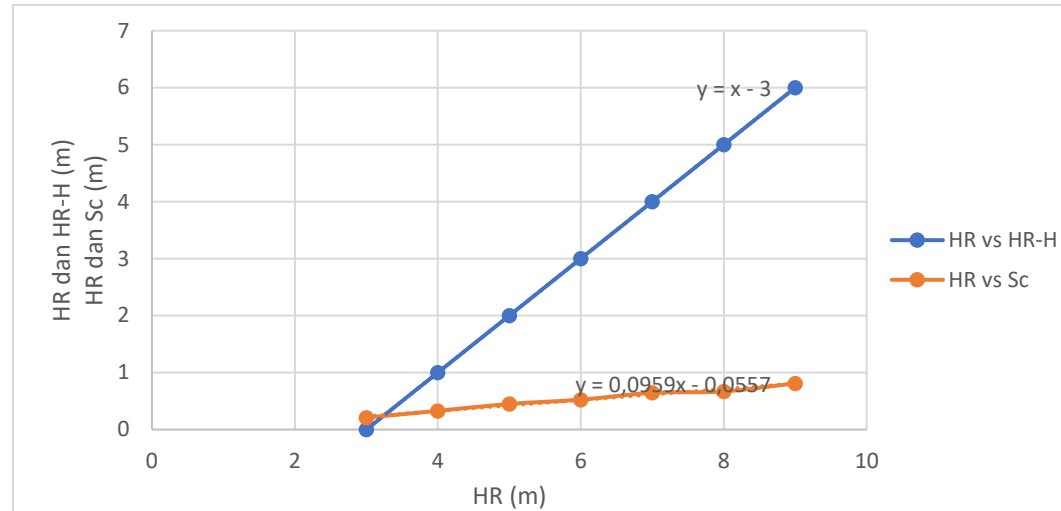
Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	43,0790	3,5095	46,5885	15	18,5095	5,274	OC	0,113695
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	43,0458	10,5285	53,5743	15	25,5285	2,425	OC	0,082497
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	42,9943	17,5475	60,5418	15	32,5475	1,855	OC	0,066647
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,9163	24,4790	67,3953	15	39,4790	1,613	OC	0,054169
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,7985	31,3230	74,1215	15	46,3230	1,479	OC	0,047070
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,6491	38,1670	80,8161	15	53,1670	1,393	OC	0,041609
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	42,4467	44,9290	87,3757	15	59,9290	1,334	OC	0,039381
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	42,2115	51,6090	93,8205	15	66,6090	1,291	OC	0,035640
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	41,9320	58,2890	100,2210	15	73,2890	1,257	OC	0,032478
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	41,6047	65,2710	106,8757	15	80,2710	1,230	OC	0,028714
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	41,2404	72,5550	113,7954	15	87,5550	1,207	OC	0,026265
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	40,8332	79,8390	120,6722	15	94,8390	1,188	OC	0,024126
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	40,3953	87,1690	127,5643	15	102,1690	1,172	OC	0,018864
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	39,9195	94,5450	134,4645	15	109,5450	1,159	OC	0,017428
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	39,4232	101,9210	141,3442	15	116,9210	1,147	OC	0,016147
											Sc total =	0,644730

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	55,0186	3,5095	58,5281	15	18,5095	5,274	OC	0,133748
2	1	1,429	0,4916	0,1095	54,9768	10,5285	65,5053	15	25,5285	2,425	OC	0,100169
3	1	1,429	0,4916	0,1095	54,9096	17,5475	72,4571	15	32,5475	1,855	OC	0,082437
4	1	1,383	0,4635	0,1032	54,8216	24,4790	79,3006	15	39,4790	1,613	OC	0,067911
5	1	1,383	0,4635	0,1032	54,6875	31,3230	86,0105	15	46,3230	1,479	OC	0,059637
6	1	1,383	0,4635	0,1032	54,5234	38,1670	92,6904	15	53,1670	1,393	OC	0,053190
7	1	1,319	0,4733	0,1105	54,3139	44,9290	99,2429	15	59,9290	1,334	OC	0,050668
8	1	1,319	0,4733	0,1105	54,0520	51,6090	105,6610	15	66,6090	1,291	OC	0,046174
9	1	1,319	0,4733	0,1105	53,7454	58,2890	112,0344	15	73,2890	1,257	OC	0,042354
10	1	1,312	0,4576	0,1057	53,3857	65,2710	118,6567	15	80,2710	1,230	OC	0,037703
11	1	1,312	0,4576	0,1057	52,9834	72,5550	125,5384	15	87,5550	1,207	OC	0,034707
12	1	1,312	0,4576	0,1057	51,9663	79,8390	131,8053	15	94,8390	1,188	OC	0,031712
13	1	1,176	0,3663	0,0832	52,0418	87,1690	139,2108	15	102,1690	1,172	OC	0,025251
14	1	1,176	0,3663	0,0832	51,5075	94,5450	146,0525	15	109,5450	1,159	OC	0,023471
15	1	1,176	0,3663	0,0832	50,9487	101,9210	152,8697	15	116,9210	1,147	OC	0,021877
Sc total =											0,811009	

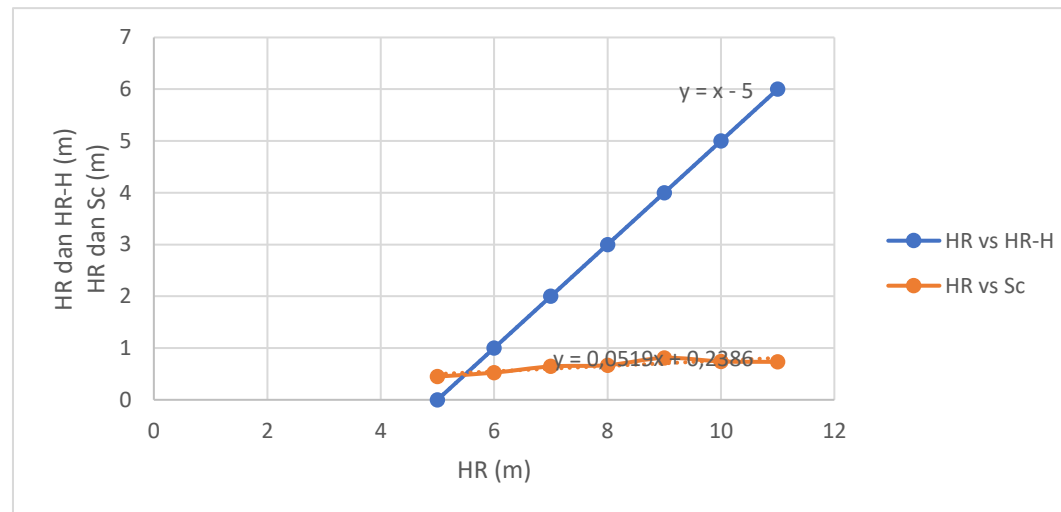
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,209
4	1	0,328
5	2	0,449
6	3	0,525
7	4	0,645
8	5	0,669
9	6	0,811



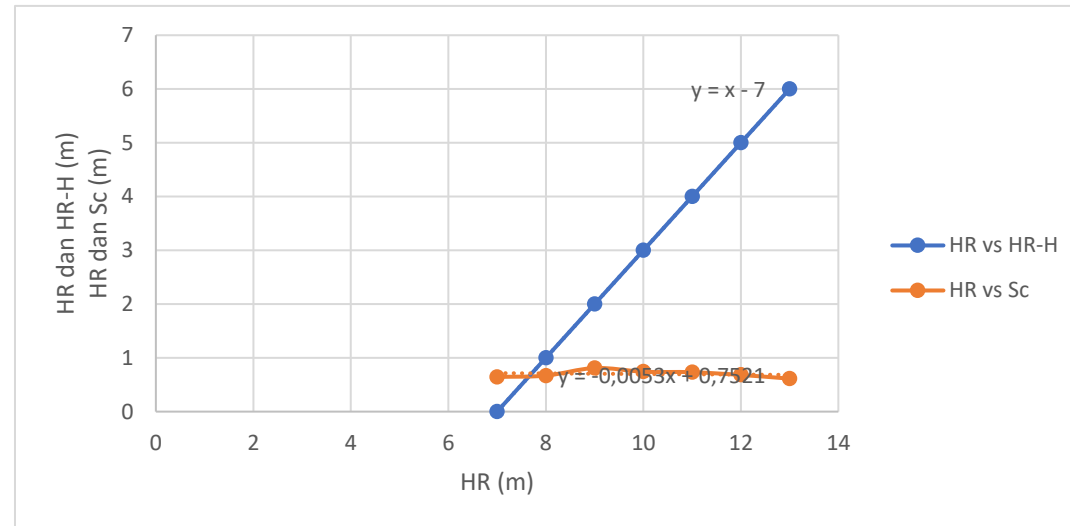
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
5	0	0,449
6	1	0,525
7	2	0,645
8	3	0,669
9	4	0,811
10	5	0,742
11	6	0,733



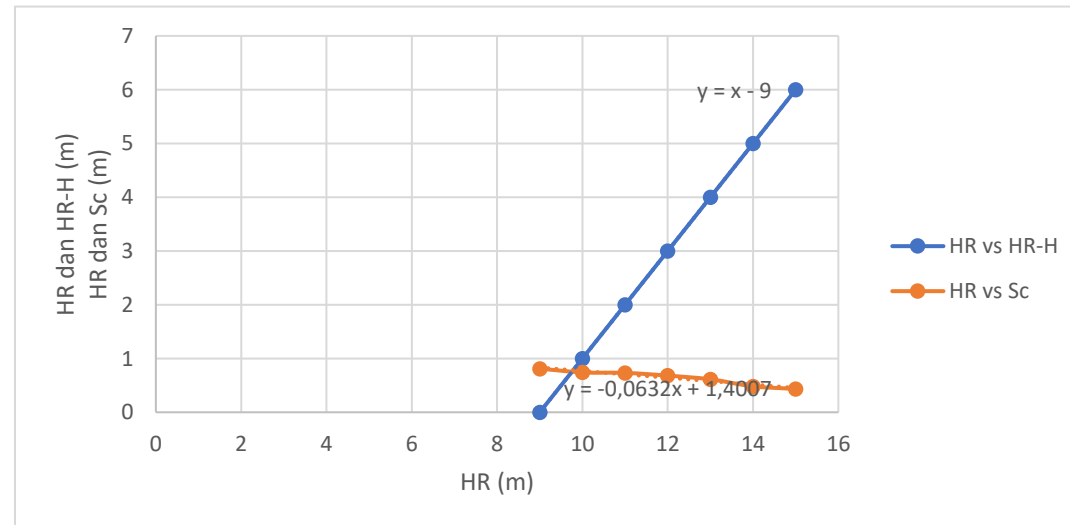
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
7	0	0,645
8	1	0,669
9	2	0,811
10	3	0,742
11	4	0,733
12	5	0,682
13	6	0,613



Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

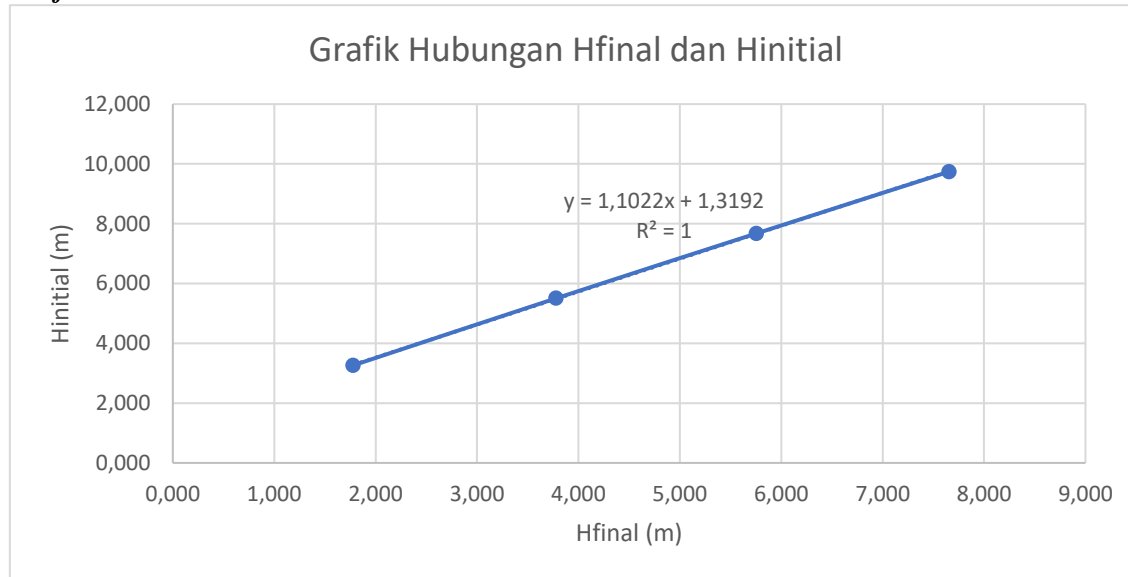
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
9	0	0,811
10	1	0,742
11	2	0,733
12	3	0,682
13	4	0,613
14	5	0,483
15	6	0,434



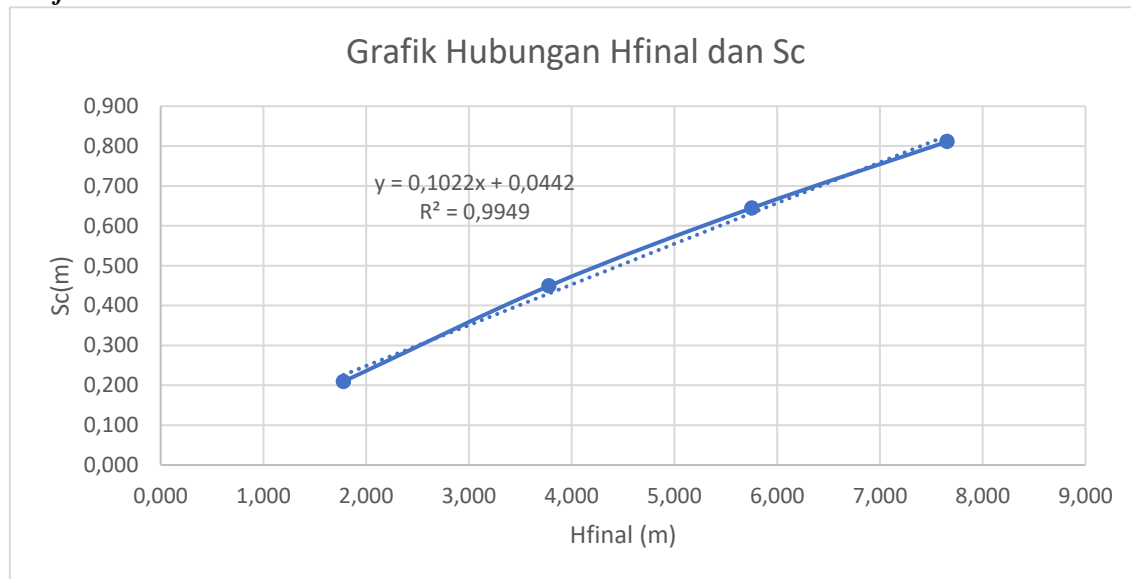
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,262	0,209	1,38	0,1	1,778
5	32,8	5,503	0,449	1,38	0,1	3,779
7	44,8	7,674	0,645	1,38	0,1	5,755
9	56,8	9,740	0,811	1,38	0,1	7,654

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250



Tabel Pembebanan STA 151+000 (Timbunan MORTAR BUSA)

H beban timbunan BASE (m)	H beban timbunan SUBBASE (m)	q timbunan BASE (kN/m ²)	q timbunan SUBBASE (kN/m ²)	q timbunan (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a BASE (m)	b BASE (m)	a SUBBASE (m)	b SUBBASE (m)
0,3	2,7	2,4	16,2	18,6	0,25	0,6	21	5,4	21,6
0,3	4,7	2,4	28,2	30,6	0,25	0,6	21	9,4	21,6
0,3	6,7	2,4	40,2	42,6	0,25	0,6	21	13,4	21,6
0,3	8,7	2,4	52,2	54,6	0,25	0,6	21	17,4	21,6

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA

Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	3,2	21	0,60	0,23717	81,33586	2,4	1,198	2,397
2	4,2	21	0,60	0,30639	78,69007	2,4	1,196	2,393
3	5,2	21	0,60	0,37192	76,09222	2,4	1,193	2,386
4	6,2	21	0,60	0,43317	73,55139	2,4	1,189	2,377
5	7,2	21	0,60	0,48970	71,07536	2,4	1,183	2,365
6	8,2	21	0,60	0,54122	68,67054	2,4	1,175	2,351
7	9,2	21	0,60	0,58758	66,34200	2,4	1,167	2,333
8	10,2	21	0,60	0,62879	64,09349	2,4	1,156	2,313
9	11,2	21	0,60	0,66491	61,92751	2,4	1,145	2,290
10	12,2	21	0,60	0,69614	59,84545	2,4	1,132	2,264
11	13,2	21	0,60	0,72273	57,84770	2,4	1,118	2,236
12	14,2	21	0,60	0,74497	55,93382	2,4	1,103	2,207
13	15,2	21	0,60	0,76318	54,10262	2,4	1,088	2,175
14	16,2	21	0,60	0,77772	52,35238	2,4	1,071	2,143
15	17,2	21	0,60	0,78893	50,68089	2,4	1,054	2,109

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	5,2	21	0,60	0,37192	76,09222	2,4	1,193	2,386
2	6,2	21	0,60	0,43317	73,55139	2,4	1,189	2,377
3	7,2	21	0,60	0,48970	71,07536	2,4	1,183	2,365
4	8,2	21	0,60	0,54122	68,67054	2,4	1,175	2,351
5	9,2	21	0,60	0,58758	66,34200	2,4	1,167	2,333
6	10,2	21	0,60	0,62879	64,09349	2,4	1,156	2,313
7	11,2	21	0,60	0,66491	61,92751	2,4	1,145	2,290
8	12,2	21	0,60	0,69614	59,84545	2,4	1,132	2,264
9	13,2	21	0,60	0,72273	57,84770	2,4	1,118	2,236
10	14,2	21	0,60	0,74497	55,93382	2,4	1,103	2,207
11	15,2	21	0,60	0,76318	54,10262	2,4	1,088	2,175
12	16,2	21	0,60	0,77772	52,35238	2,4	1,071	2,143
13	17,2	21	0,60	0,78893	50,68089	2,4	1,054	2,109
14	18,2	21	0,60	0,79714	49,08562	2,4	1,037	2,074
15	19,2	21	0,60	0,80269	47,56377	2,4	1,019	2,039

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	q_0 (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	7,2	21	0,60	0,48970	71,07536	2,4	1,183	2,365
2	8,2	21	0,60	0,54122	68,67054	2,4	1,175	2,351
3	9,2	21	0,60	0,58758	66,34200	2,4	1,167	2,333
4	10,2	21	0,60	0,62879	64,09349	2,4	1,156	2,313
5	11,2	21	0,60	0,66491	61,92751	2,4	1,145	2,290
6	12,2	21	0,60	0,69614	59,84545	2,4	1,132	2,264
7	13,2	21	0,60	0,72273	57,84770	2,4	1,118	2,236
8	14,2	21	0,60	0,74497	55,93382	2,4	1,103	2,207
9	15,2	21	0,60	0,76318	54,10262	2,4	1,088	2,175
10	16,2	21	0,60	0,77772	52,35238	2,4	1,071	2,143
11	17,2	21	0,60	0,78893	50,68089	2,4	1,054	2,109
12	18,2	21	0,60	0,79714	49,08562	2,4	1,037	2,074
13	19,2	21	0,60	0,80269	47,56377	2,4	1,019	2,039
14	20,2	21	0,60	0,80588	46,11240	2,4	1,002	2,003
15	21,2	21	0,60	0,80700	44,72846	2,4	0,984	1,967

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	q_0 (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	9,2	21	0,60	0,58758	66,34200	2,4	1,167	2,333
2	10,2	21	0,60	0,62879	64,09349	2,4	1,156	2,313
3	11,2	21	0,60	0,66491	61,92751	2,4	1,145	2,290
4	12,2	21	0,60	0,69614	59,84545	2,4	1,132	2,264
5	13,2	21	0,60	0,72273	57,84770	2,4	1,118	2,236
6	14,2	21	0,60	0,74497	55,93382	2,4	1,103	2,207
7	15,2	21	0,60	0,76318	54,10262	2,4	1,088	2,175
8	16,2	21	0,60	0,77772	52,35238	2,4	1,071	2,143
9	17,2	21	0,60	0,78893	50,68089	2,4	1,054	2,109
10	18,2	21	0,60	0,79714	49,08562	2,4	1,037	2,074
11	19,2	21	0,60	0,80269	47,56377	2,4	1,019	2,039
12	20,2	21	0,60	0,80588	46,11240	2,4	1,002	2,003
13	21,2	21	0,60	0,80700	44,72846	2,4	0,984	1,967
14	22,2	21	0,60	0,80632	43,40886	2,4	0,966	1,932
15	23,2	21	0,60	0,80407	42,15053	2,4	0,948	1,896

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21,60	5,4	0,26514	88,67395	16,2	8,100	16,200
2	1,5	21,60	5,4	0,79267	86,02750	16,2	8,099	16,198
3	2,5	21,60	5,4	1,31200	83,39792	16,2	8,096	16,192
4	3,5	21,60	5,4	1,81800	80,79596	16,2	8,090	16,179
5	4,5	21,60	5,4	2,30597	78,23171	16,2	8,079	16,157
6	5,5	21,60	5,4	2,77179	75,71437	16,2	8,062	16,123
7	6,5	21,60	5,4	3,21205	73,25210	16,2	8,038	16,076
8	7,5	21,60	5,4	3,62403	70,85186	16,2	8,007	16,015
9	8,5	21,60	5,4	4,00578	68,51944	16,2	7,969	15,939
10	9,5	21,60	5,4	4,35609	66,25940	16,2	7,924	15,847
11	10,5	21,60	5,4	4,67440	64,07510	16,2	7,870	15,740
12	11,5	21,60	5,4	4,96076	61,96883	16,2	7,810	15,619
13	12,5	21,60	5,4	5,21574	59,94187	16,2	7,742	15,484
14	13,5	21,60	5,4	5,44033	57,99462	16,2	7,668	15,335
15	14,5	21,60	5,4	5,63587	56,12668	16,2	7,588	15,175

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21,60	9,4	0,40201	88,67395	28,2	14,100	28,200
2	1,5	21,60	9,4	1,20228	86,02750	28,2	14,099	28,198
3	2,5	21,60	9,4	1,99143	83,39792	28,2	14,095	28,189
4	3,5	21,60	9,4	2,76244	80,79596	28,2	14,085	28,171
5	4,5	21,60	9,4	3,50885	78,23171	28,2	14,069	28,138
6	5,5	21,60	9,4	4,22494	75,71437	28,2	14,045	28,090
7	6,5	21,60	9,4	4,90583	73,25210	28,2	14,011	28,022
8	7,5	21,60	9,4	5,54759	70,85186	28,2	13,966	27,933
9	8,5	21,60	9,4	6,14727	68,51944	28,2	13,911	27,822
10	9,5	21,60	9,4	6,70284	66,25940	28,2	13,844	27,688
11	10,5	21,60	9,4	7,21316	64,07510	28,2	13,765	27,530
12	11,5	21,60	9,4	7,67794	61,96883	28,2	13,675	27,351
13	12,5	21,60	9,4	8,09756	59,94187	28,2	13,575	27,149
14	13,5	21,60	9,4	8,47303	57,99462	28,2	13,464	26,927
15	14,5	21,60	9,4	8,80585	56,12668	28,2	13,343	26,686

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21,60	13,4	0,50760	88,67395	40,2	20,100	40,200
2	1,5	21,60	13,4	1,51846	86,02750	40,2	20,099	40,197
3	2,5	21,60	13,4	2,51646	83,39792	40,2	20,093	40,187
4	3,5	21,60	13,4	3,49345	80,79596	40,2	20,082	40,165
5	4,5	21,60	13,4	4,44188	78,23171	40,2	20,063	40,126
6	5,5	21,60	13,4	5,35503	75,71437	40,2	20,033	40,067
7	6,5	21,60	13,4	6,22712	73,25210	40,2	19,992	39,984
8	7,5	21,60	13,4	7,05338	70,85186	40,2	19,938	39,876
9	8,5	21,60	13,4	7,83014	68,51944	40,2	19,870	39,741
10	9,5	21,60	13,4	8,55477	66,25940	40,2	19,788	39,576
11	10,5	21,60	13,4	9,22566	64,07510	40,2	19,692	39,383
12	11,5	21,60	13,4	9,84212	61,96883	40,2	19,581	39,162
13	12,5	21,60	13,4	10,40430	59,94187	40,2	19,456	38,912
14	13,5	21,60	13,4	10,91304	57,99462	40,2	19,318	38,636
15	14,5	21,60	13,4	11,36979	56,12668	40,2	19,167	38,335

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	21,60	17,4	0,59153	88,67395	52,2	26,100	52,200
2	1,5	21,60	17,4	1,76990	86,02750	52,2	26,098	52,197
3	2,5	21,60	17,4	2,93429	83,39792	52,2	26,093	52,185
4	3,5	21,60	17,4	4,07585	80,79596	52,2	26,080	52,160
5	4,5	21,60	17,4	5,18634	78,23171	52,2	26,058	52,117
6	5,5	21,60	17,4	6,25839	75,71437	52,2	26,025	52,050
7	6,5	21,60	17,4	7,28558	73,25210	52,2	25,979	51,957
8	7,5	21,60	17,4	8,26261	70,85186	52,2	25,918	51,835
9	8,5	21,60	17,4	9,18529	68,51944	52,2	25,841	51,682
10	9,5	21,60	17,4	10,05055	66,25940	52,2	25,748	51,496
11	10,5	21,60	17,4	10,85641	64,07510	52,2	25,638	51,277
12	11,5	21,60	17,4	11,60187	61,96883	52,2	25,512	51,024
13	12,5	21,60	17,4	12,28680	59,94187	52,2	25,370	50,739
14	13,5	21,60	17,4	12,91189	57,99462	52,2	25,211	50,422
15	14,5	21,60	17,4	13,47844	56,12668	52,2	25,038	50,075

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	3,50	42	∞	12,00	∞	2,2	0,250	0,550
2	4,50	42	∞	9,33	∞	2,2	0,250	0,550
3	5,50	42	∞	7,64	∞	2,2	0,250	0,550
4	6,50	42	∞	6,46	∞	2,2	0,250	0,550
5	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
6	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
7	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
8	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
9	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
10	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
11	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
12	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
13	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
14	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
15	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	5,50	42	∞	7,64	∞	2,2	0,250	0,550
2	6,50	42	∞	6,46	∞	2,2	0,250	0,550
3	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
4	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
5	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
6	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
7	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
8	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
9	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
10	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
11	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
12	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
13	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
14	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
15	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	7,50	42	∞	5,60	∞	2,2	0,250	0,550
2	8,50	42	∞	4,94	∞	2,2	0,250	0,550
3	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
4	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
5	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
6	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
7	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
8	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
9	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
10	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
11	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
12	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
13	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532
14	20,50	42	∞	2,05	∞	2,2	0,240	0,528
15	21,50	42	∞	1,95	∞	2,2	0,240	0,528

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	I	Δp (kN/m2)
1	9,50	42	∞	4,42	∞	2,2	0,250	0,550
2	10,50	42	∞	4,00	∞	2,2	0,250	0,550
3	11,50	42	∞	3,65	∞	2,2	0,250	0,550
4	12,50	42	∞	3,36	∞	2,2	0,250	0,550
5	13,50	42	∞	3,11	∞	2,2	0,250	0,550
6	14,50	42	∞	2,90	∞	2,2	0,250	0,550
7	15,50	42	∞	2,71	∞	2,2	0,247	0,543
8	16,50	42	∞	2,55	∞	2,2	0,247	0,543
9	17,50	42	∞	2,40	∞	2,2	0,247	0,543
10	18,50	42	∞	2,27	∞	2,2	0,242	0,532
11	19,50	42	∞	2,15	∞	2,2	0,242	0,532
12	20,50	42	∞	2,05	∞	2,2	0,240	0,528
13	21,50	42	∞	1,95	∞	2,2	0,240	0,528
14	22,50	42	∞	1,87	∞	2,2	0,238	0,524
15	23,50	42	∞	1,79	∞	2,2	0,238	0,524

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1466	3,3324	22,4790	15	18,3324	5,501	OC	0,053874
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1409	9,9973	29,1382	15	24,9973	2,500	OC	0,032956
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1286	16,6622	35,7908	15	31,6622	1,900	OC	0,024477
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1067	23,3270	42,4337	15	38,3270	1,643	OC	0,019571
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	19,0725	30,2006	49,2731	15	45,2006	1,497	OC	0,014492
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	19,0240	37,2829	56,3069	15	52,2829	1,402	OC	0,012298
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,9594	44,3652	63,3247	15	59,3652	1,338	OC	0,010650
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,8778	51,4475	70,3253	15	66,4475	1,292	OC	0,009355
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,7784	58,5299	77,3083	15	73,5299	1,256	OC	0,008305
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,6613	65,6122	84,2735	15	80,6122	1,229	OC	0,007429
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,5269	72,6945	91,2214	15	87,6945	1,206	OC	0,006685
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,3758	79,7768	98,1526	15	94,7768	1,188	OC	0,006041
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,2025	86,8591	105,0616	15	101,8591	1,173	OC	0,005472
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	18,0214	93,9414	111,9628	15	108,9414	1,160	OC	0,004973
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	17,8273	101,0237	118,8511	15	116,0237	1,148	OC	0,004526
											Sc total =	0,221103

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	31,1361	3,3324	34,4685	15	18,3324	5,501	OC	0,093001
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	31,1249	9,9973	41,1221	15	24,9973	2,500	OC	0,064489
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	31,1046	16,6622	47,7668	15	31,6622	1,900	OC	0,050897
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	31,0714	23,3270	54,3984	15	38,3270	1,643	OC	0,042307
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	31,0216	30,2006	61,2222	15	45,2006	1,497	OC	0,032079
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,9524	37,2829	68,2353	15	52,2829	1,402	OC	0,027862
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,8614	44,3652	75,2266	15	59,3652	1,338	OC	0,024600
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,7469	51,4475	82,1945	15	66,4475	1,292	OC	0,021988
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,6080	58,5299	89,1379	15	73,5299	1,256	OC	0,019838
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,4443	65,6122	96,0564	15	80,6122	1,229	OC	0,018030
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,2493	72,6945	102,9437	15	87,6945	1,206	OC	0,016477
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	30,0368	79,7768	109,8136	15	94,7768	1,188	OC	0,015134
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	29,8015	86,8591	116,6606	15	101,8591	1,173	OC	0,013954
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	29,5337	93,9414	123,4751	15	108,9414	1,160	OC	0,012900
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	29,2571	101,0237	130,2808	15	116,0237	1,148	OC	0,011964
Sc total =											0,465519	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

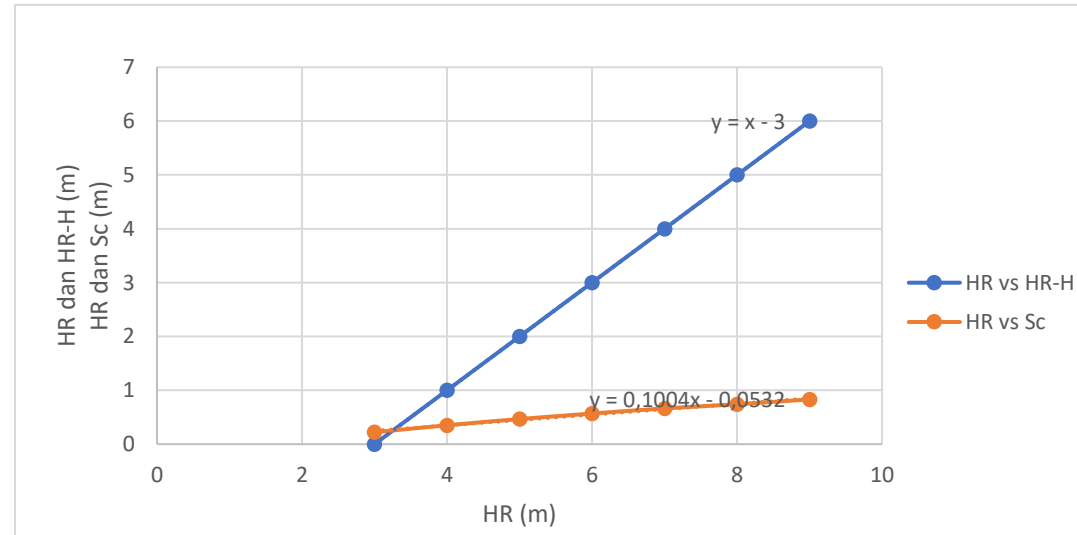
Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,1153	3,3324	46,4478	15	18,3324	5,501	OC	0,120303
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,0979	9,9973	53,0952	15	24,9973	2,500	OC	0,087879
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,0701	16,6622	59,7323	15	31,6622	1,900	OC	0,071358
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,0273	23,3270	66,3544	15	38,3270	1,643	OC	0,060492
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,9654	30,2006	73,1660	15	45,2006	1,497	OC	0,046515
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,8808	37,2829	80,1637	15	52,2829	1,402	OC	0,040912
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,7707	44,3652	87,1359	15	59,3652	1,338	OC	0,036504
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,6328	51,4475	94,0804	15	66,4475	1,292	OC	0,032928
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,4593	58,5299	100,9892	15	73,5299	1,256	OC	0,029949
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,2625	65,6122	107,8747	15	80,6122	1,229	OC	0,027428
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,0357	72,6945	114,7302	15	87,6945	1,206	OC	0,025258
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,7685	79,7768	121,5453	15	94,7768	1,188	OC	0,023356
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,4837	86,8591	128,3428	15	101,8591	1,173	OC	0,021685
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,1675	93,9414	135,1089	15	108,9414	1,160	OC	0,020194
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	40,8302	101,0237	141,8539	15	116,0237	1,148	OC	0,018857
Sc total =											0,663618	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,0831	3,3324	58,4155	15	18,3324	5,501	OC	0,141287
2	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,0596	9,9973	65,0569	15	24,9973	2,500	OC	0,106476
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,0251	16,6622	71,6872	15	31,6622	1,900	OC	0,088057
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	54,9744	23,3270	78,3015	15	38,3270	1,643	OC	0,075646
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,9031	30,2006	85,1037	15	45,2006	1,497	OC	0,058757
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,8070	37,2829	92,0899	15	52,2829	1,402	OC	0,052146
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,6763	44,3652	99,0415	15	59,3652	1,338	OC	0,046878
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,5216	51,4475	105,9691	15	66,4475	1,292	OC	0,042567
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,3344	58,5299	112,8643	15	73,5299	1,256	OC	0,038954
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,1028	65,6122	119,7149	15	80,6122	1,229	OC	0,035864
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,8482	72,6945	126,5427	15	87,6945	1,206	OC	0,033195
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,5557	79,7768	133,3324	15	94,7768	1,188	OC	0,030853
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,2346	86,8591	140,0937	15	101,8591	1,173	OC	0,028781
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,8776	93,9414	146,8190	15	108,9414	1,160	OC	0,026926
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,4950	101,0237	153,5187	15	116,0237	1,148	OC	0,025258
Sc total =											0,831646	

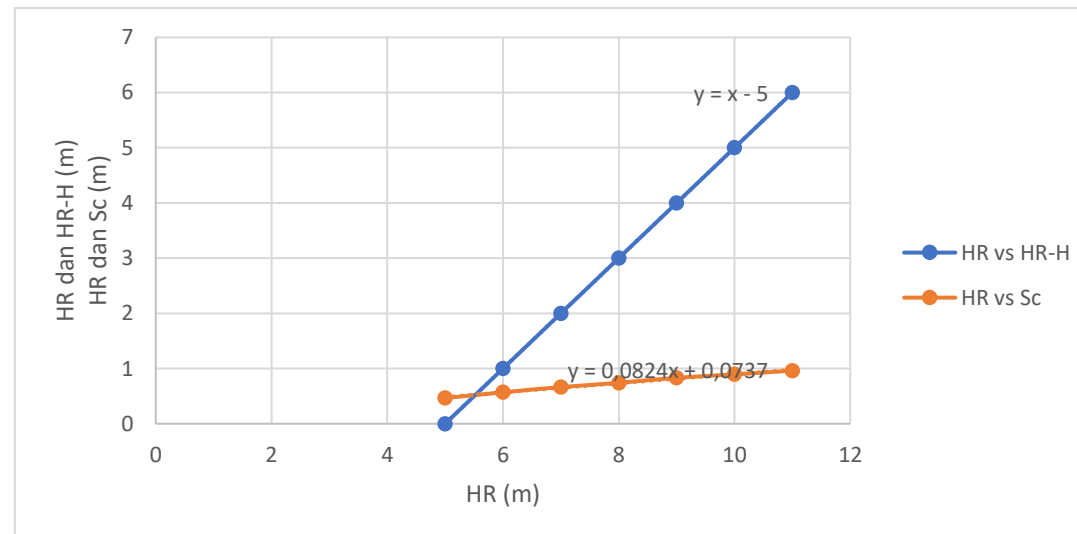
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,221
4	1	0,351
5	2	0,466
6	3	0,569
7	4	0,664
8	5	0,741
9	6	0,832



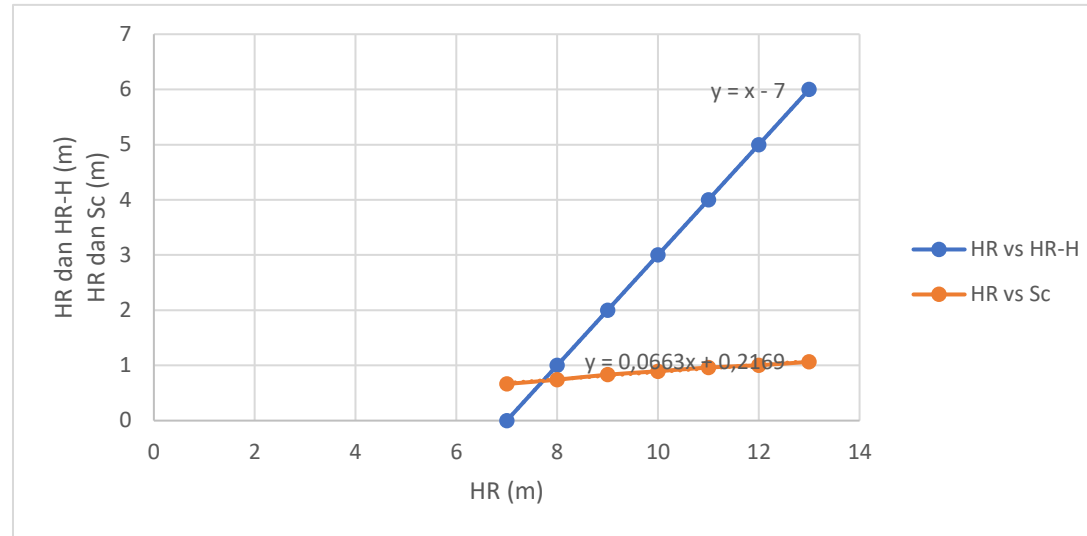
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
5	0	0,466
6	1	0,569
7	2	0,664
8	3	0,741
9	4	0,832
10	5	0,894
11	6	0,962



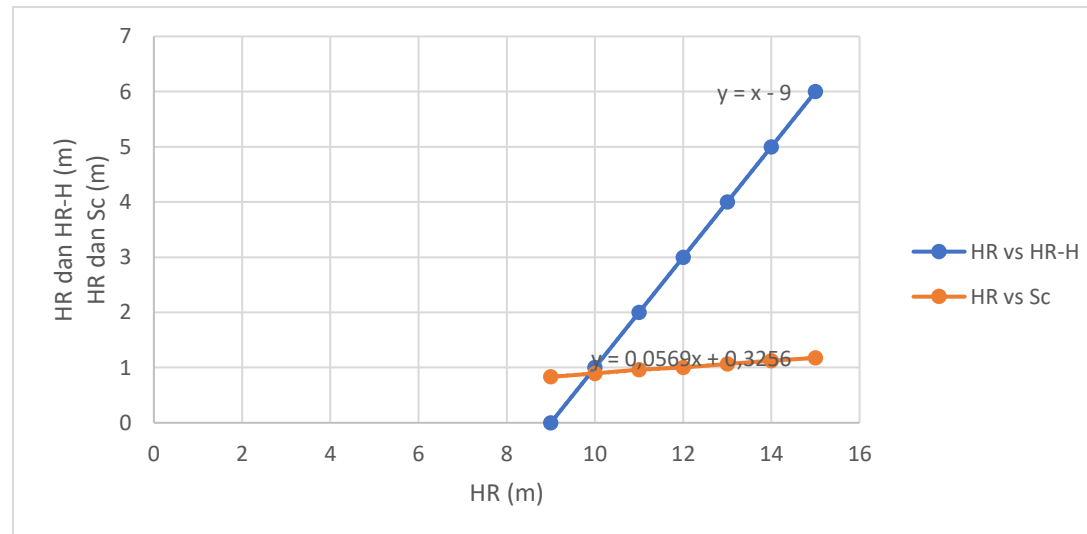
Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000

Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
7	0	0,664
8	1	0,741
9	2	0,832
10	3	0,894
11	4	0,962
12	5	1,003
13	6	1,065



Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000

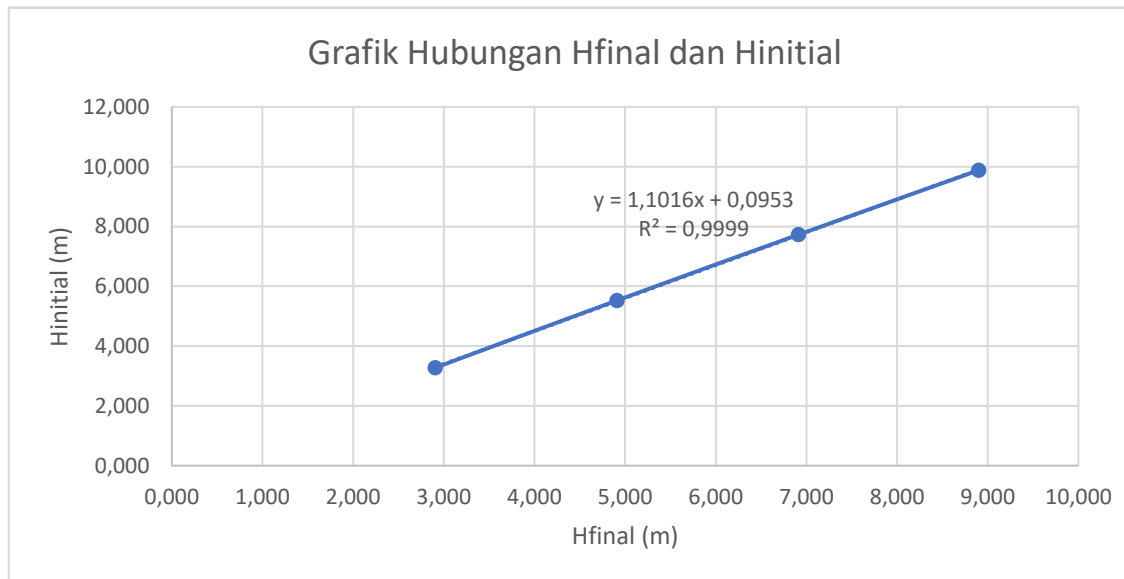
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
9	0	0,832
10	1	0,894
11	2	0,962
12	3	1,003
13	4	1,065
14	5	1,124
15	6	1,175



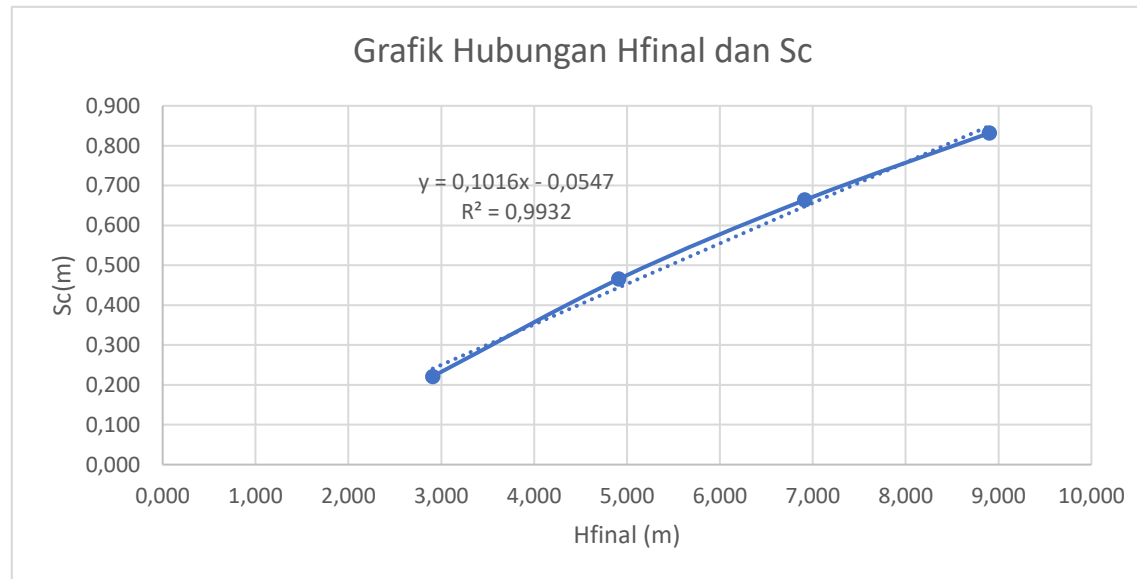
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,278	0,221	0,25	0,1	2,907
5	32,8	5,528	0,466	0,25	0,1	4,912
7	44,8	7,726	0,664	0,25	0,1	6,912
9	56,8	9,883	0,832	0,25	0,1	8,901

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000



Tabel Pembebanan STA 154+000 (Timbunan MORTAR BUSA)

H beban timbunan BASE (m)	H beban timbunan SUBBASE (m)	q timbunan BASE (kN/m ²)	q timbunan SUBBASE (kN/m ²)	q timbunan (kN/m ²)	Hbongkar (m)	a BASE (m)	b BASE (m)	a SUBBASE (m)	b SUBBASE (m)
0,3	2,7	2,4	16,2	18,6	0,13	0,6	17	5,4	17,6
0,3	4,7	2,4	28,2	30,6	0,13	0,6	17	9,4	17,6
0,3	6,7	2,4	40,2	42,6	0,13	0,6	17	13,4	17,6
0,3	8,7	2,4	52,2	54,6	0,13	0,6	17	17,4	17,6

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	q ₀ (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	3,2	17	0,60	0,35550	79,33965	2,4	1,197	2,394
2	4,2	17	0,60	0,45569	76,12247	2,4	1,193	2,386
3	5,2	17	0,60	0,54793	72,99205	2,4	1,188	2,375
4	6,2	17	0,60	0,63124	69,96279	2,4	1,180	2,359
5	7,2	17	0,60	0,70506	67,04591	2,4	1,170	2,339
6	8,2	17	0,60	0,76923	64,24953	2,4	1,158	2,315

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	5,2	17	0,60	0,54793	72,99205	2,4	1,188	2,375
2	6,2	17	0,60	0,63124	69,96279	2,4	1,180	2,359
3	7,2	17	0,60	0,70506	67,04591	2,4	1,170	2,339
4	8,2	17	0,60	0,76923	64,24953	2,4	1,158	2,315
5	9,2	17	0,60	0,82391	61,57879	2,4	1,143	2,287
6	10,2	17	0,60	0,86952	59,03624	2,4	1,127	2,254

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	7,2	17	0,60	0,70506	67,04591	2,4	1,170	2,339
2	8,2	17	0,60	0,76923	64,24953	2,4	1,158	2,315
3	9,2	17	0,60	0,82391	61,57879	2,4	1,143	2,287
4	10,2	17	0,60	0,86952	59,03624	2,4	1,127	2,254
5	11,2	17	0,60	0,90664	56,62217	2,4	1,110	2,219
6	12,2	17	0,60	0,93601	54,33500	2,4	1,091	2,181

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Base MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	9,2	17	0,60	0,82391	61,57879	2,4	1,143	2,287
2	10,2	17	0,60	0,86952	59,03624	2,4	1,127	2,254
3	11,2	17	0,60	0,90664	56,62217	2,4	1,110	2,219
4	12,2	17	0,60	0,93601	54,33500	2,4	1,091	2,181
5	13,2	17	0,60	0,95839	52,17171	2,4	1,070	2,141
6	14,2	17	0,60	0,97459	50,12819	2,4	1,050	2,099

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17,60	5,4	0,38192	88,37272	16,2	8,100	16,200
2	1,5	17,60	5,4	1,13999	85,12861	16,2	8,099	16,197
3	2,5	17,60	5,4	1,88107	81,91548	16,2	8,093	16,187
4	3,5	17,60	5,4	2,59477	78,75269	16,2	8,082	16,165
5	4,5	17,60	5,4	3,27202	75,65777	16,2	8,063	16,127
6	5,5	17,60	5,4	3,90541	72,64598	16,2	8,035	16,070

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17,60	9,4	0,56637	88,37272	28,2	14,100	28,200
2	1,5	17,60	9,4	1,69156	85,12861	28,2	14,098	28,196
3	2,5	17,60	9,4	2,79444	81,91548	28,2	14,091	28,182
4	3,5	17,60	9,4	3,86127	78,75269	28,2	14,075	28,151
5	4,5	17,60	9,4	4,87990	75,65777	28,2	14,049	28,098
6	5,5	17,60	9,4	5,84019	72,64598	28,2	14,009	28,019

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17,60	13,4	0,70324	88,37272	40,2	20,100	40,200
2	1,5	17,60	13,4	2,10118	85,12861	40,2	20,098	40,195
3	2,5	17,60	13,4	3,47387	81,91548	40,2	20,089	40,179
4	3,5	17,60	13,4	4,80571	78,75269	40,2	20,071	40,142
5	4,5	17,60	13,4	6,08279	75,65777	40,2	20,040	40,079
6	5,5	17,60	13,4	7,29333	72,64598	40,2	19,992	39,985

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Subbase MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	qo (kN/m ²)	1/2 Δp (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	17,60	17,4	0,80883	88,37272	52,2	26,100	52,200
2	1,5	17,60	17,4	2,41736	85,12861	52,2	26,097	52,195
3	2,5	17,60	17,4	3,99890	81,91548	52,2	26,088	52,176
4	3,5	17,60	17,4	5,53672	78,75269	52,2	26,068	52,136
5	4,5	17,60	17,4	7,01582	75,65777	52,2	26,033	52,067
6	5,5	17,60	17,4	8,42343	72,64598	52,2	25,981	51,962

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m ²)	I	Δp (kN/m ²)
1	3,50	34	∞	9,71	∞	2,2	0,25	0,550
2	4,50	34	∞	7,56	∞	2,2	0,25	0,550
3	5,50	34	∞	6,18	∞	2,2	0,25	0,550
4	6,50	34	∞	5,23	∞	2,2	0,25	0,550
5	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
6	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m ²)	I	Δp (kN/m ²)
1	5,50	34	∞	6,18	∞	2,2	0,25	0,550
2	6,50	34	∞	5,23	∞	2,2	0,25	0,550
3	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
4	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550
5	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
6	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550

Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m ²)	I	Δp (kN/m ²)
1	7,50	34	∞	4,53	∞	2,2	0,25	0,550
2	8,50	34	∞	4,00	∞	2,2	0,25	0,550
3	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
4	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550
5	11,50	34	∞	2,96	∞	2,2	0,25	0,543
6	12,50	34	∞	2,72	∞	2,2	0,247	0,543

**Tabel Distribusi Tegangan Akibat Pavement MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000**

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	x (m)	y (m)	m (m)	n (m)	qo (kN/m2)	l	Δp (kN/m2)
1	9,50	34	∞	3,58	∞	2,2	0,25	0,550
2	10,50	34	∞	3,24	∞	2,2	0,25	0,550
3	11,50	34	∞	2,96	∞	2,2	0,25	0,543
4	12,50	34	∞	2,72	∞	2,2	0,247	0,543
5	13,50	34	∞	2,52	∞	2,2	0,247	0,543
6	14,50	34	∞	2,34	∞	2,2	0,242	0,532

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4890	0,5194	0,1147	19,1437	3,3085	22,4522	15	18,3085	5,534	OC	0,052736
2	1	1,4890	0,5194	0,1147	19,1335	9,9255	29,0590	15	24,9255	2,511	OC	0,032337
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	19,1120	16,5425	35,6545	15	31,5425	1,907	OC	0,024024
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	19,0743	23,1655	42,2398	15	38,1655	1,648	OC	0,018030
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	19,0164	29,7945	48,8109	15	44,7945	1,503	OC	0,014986
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	18,9355	36,4235	55,3590	15	51,4235	1,412	OC	0,012771
											Sc total =	0,154883

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,489	0,5194	0,1147	31,1249	3,3085	34,4334	15	18,3085	5,534	OC	0,091490
2	1	1,489	0,5194	0,1147	31,1055	9,9255	41,0310	15	24,9255	2,511	OC	0,063601
3	1	1,489	0,5194	0,1147	31,0713	16,5425	47,6138	15	31,5425	1,907	OC	0,050236
4	1	1,471	0,4895	0,1060	31,0160	23,1655	54,1815	15	38,1655	1,648	OC	0,039451
5	1	1,471	0,4895	0,1060	30,9346	29,7945	60,7291	15	44,7945	1,503	OC	0,033782
6	1	1,471	0,4895	0,1060	30,8230	36,4235	67,2465	15	51,4235	1,412	OC	0,029507
											Sc total =	0,308066

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

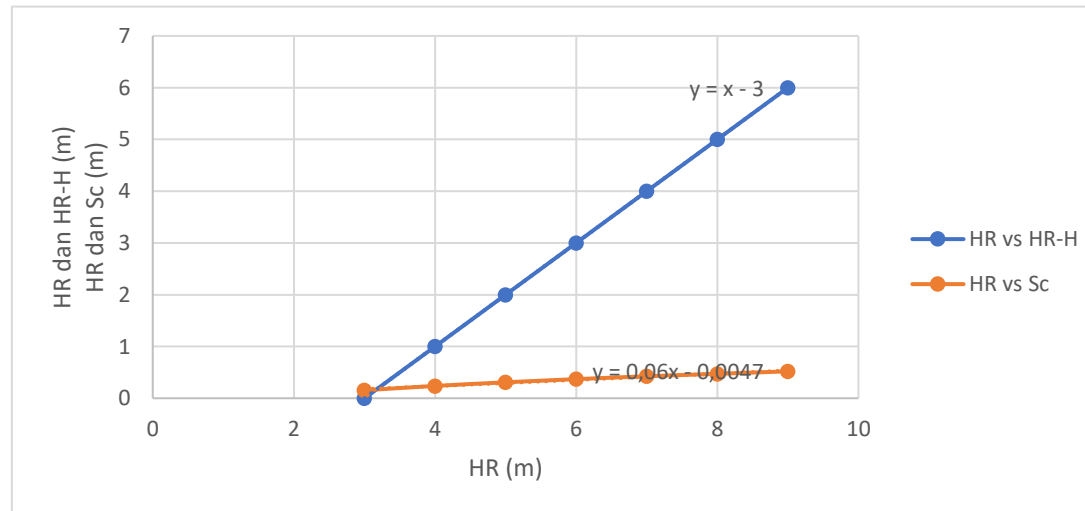
Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m2)	Po' (kN/m2)	Po' + Δp (kN/m2)	P fluktuasi air (kN/m2)	P'c (kN/m2)	OCR		Sc (m)	
1	1	1,4890	0,5194	0,1147	43,0892	3,3085	46,3977	15	18,3085	5,534	OC	0,118515	
2	1	1,4890	0,5194	0,1147	43,0604	9,9255	52,9859	15	24,9255	2,511	OC	0,086773	
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	43,0152	16,5425	59,5577	15	31,5425	1,907	OC	0,070519	
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,9466	23,1655	66,1121	15	38,1655	1,648	OC	0,056573	
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,8419	29,7945	72,6364	15	44,7945	1,503	OC	0,049186	
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,7095	36,4235	79,1330	15	51,4235	1,412	OC	0,043511	
											Sc total =		0,425077

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,489	0,5194	0,1147	55,0364	3,3085	58,3449	15	18,3085	5,534	OC	0,139278
2	1	1,489	0,5194	0,1147	54,9993	9,9255	64,9248	15	24,9255	2,511	OC	0,105187
3	1	1,489	0,5194	0,1147	54,9389	16,5425	71,4814	15	31,5425	1,907	OC	0,087057
4	1	1,471	0,4895	0,1060	54,8606	23,1655	78,0261	15	38,1655	1,648	OC	0,070828
5	1	1,471	0,4895	0,1060	54,7510	29,7945	84,5455	15	44,7945	1,503	OC	0,062248
6	1	1,471	0,4895	0,1060	54,5935	36,4235	91,0170	15	51,4235	1,412	OC	0,055549
Sc total =												0,520148

Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

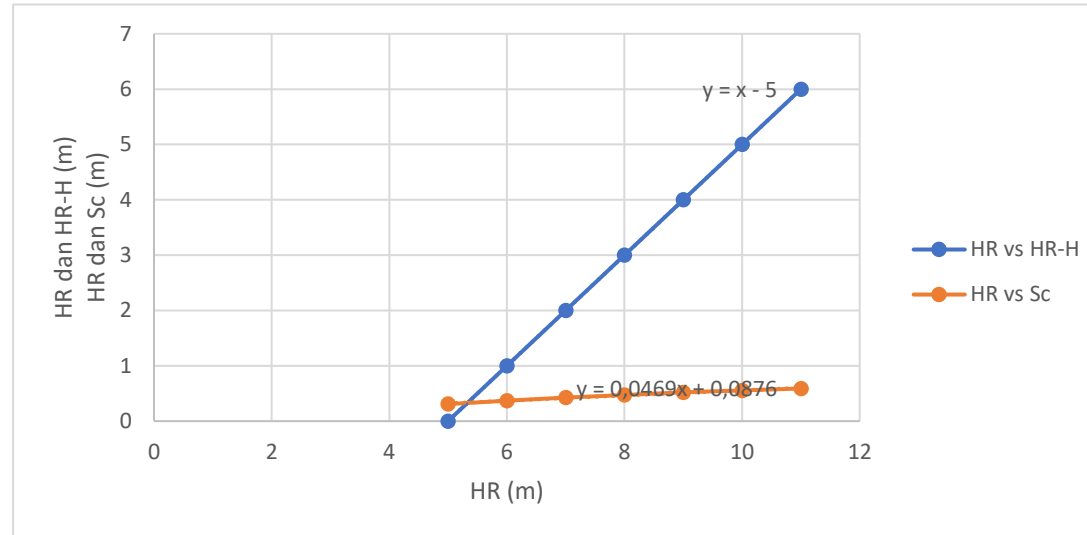
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
3	0	0,155
4	1	0,238
5	2	0,308
6	3	0,369
7	4	0,425
8	5	0,472
9	6	0,52



Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis

Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

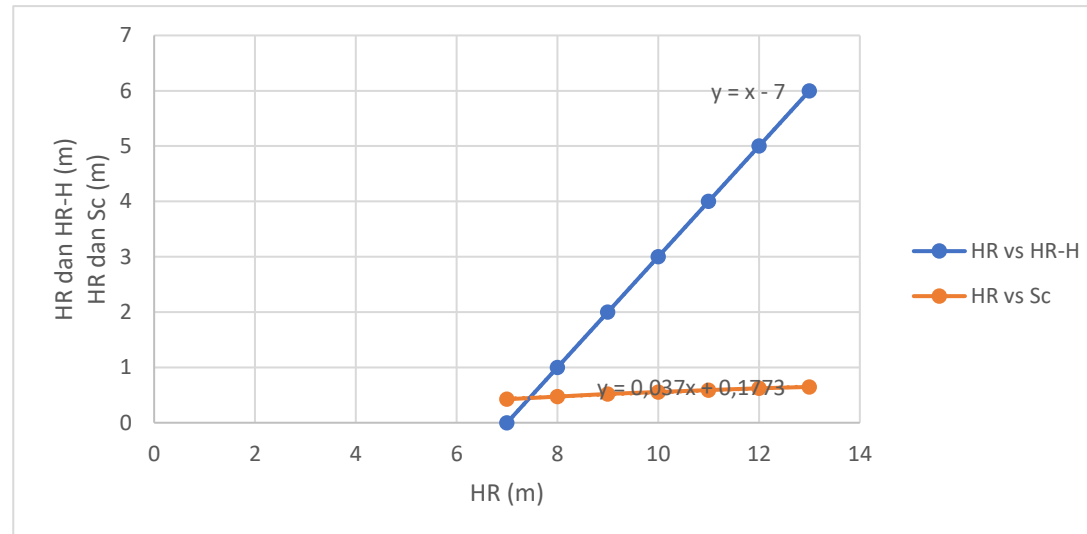
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
5	0	0,308
6	1	0,369
7	2	0,425
8	3	0,472
9	4	0,52
10	5	0,555
11	6	0,59



Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis

Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

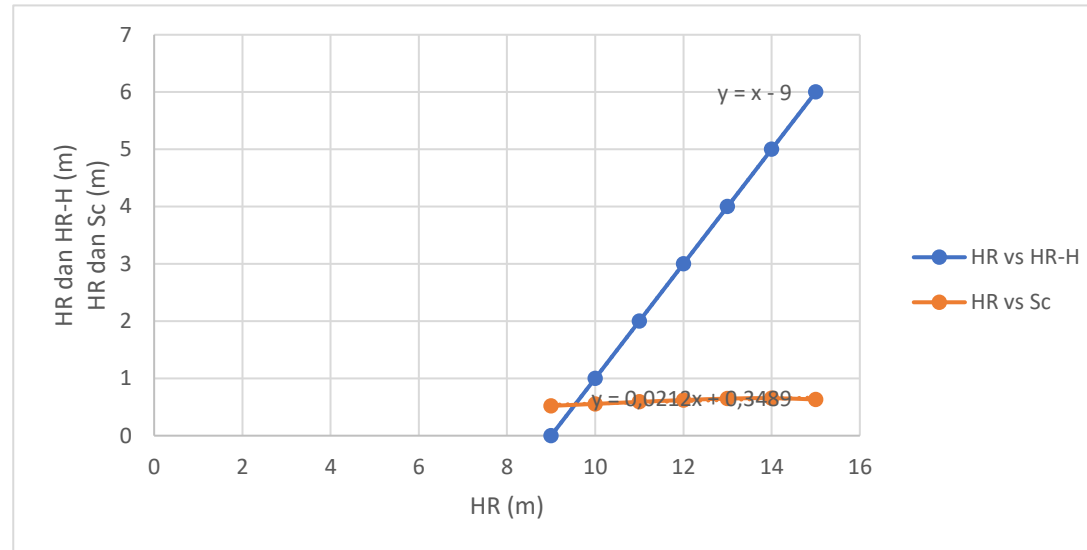
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
7	0	0,425
8	1	0,472
9	2	0,52
10	3	0,555
11	4	0,59
12	5	0,622
13	6	0,647



Penentuan Tinggi Timbunan Awal ($H_{initial}$) MORTAR BUSA Dengan Metode Grafis

Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

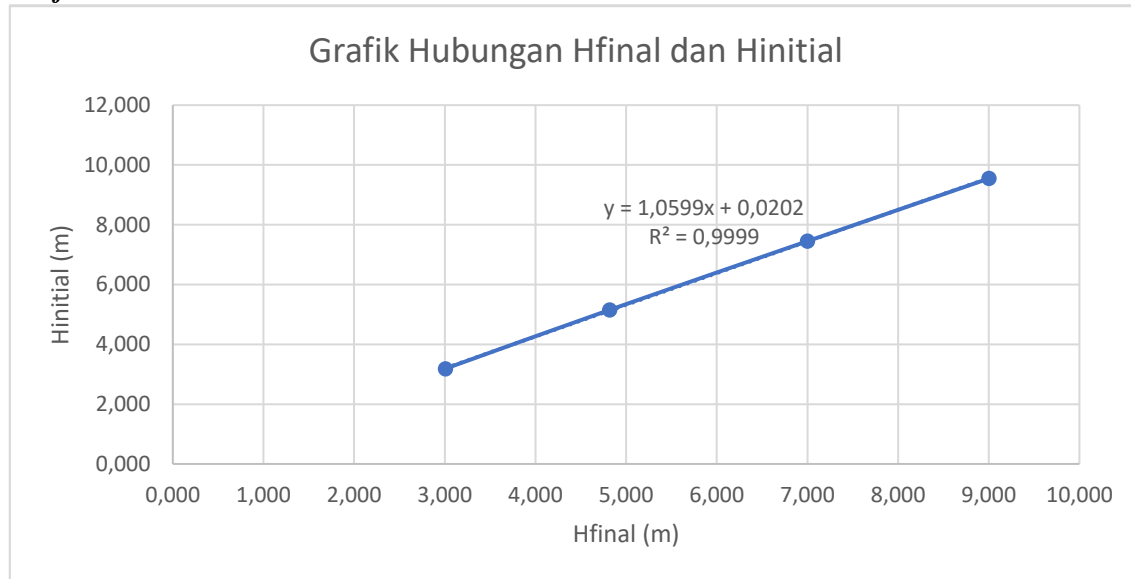
Hrencana (m)	Hrencana-H (m)	Sc (m)
9	0	0,52
10	1	0,555
11	2	0,59
12	3	0,622
13	4	0,647
14	5	0,655
15	6	0,632



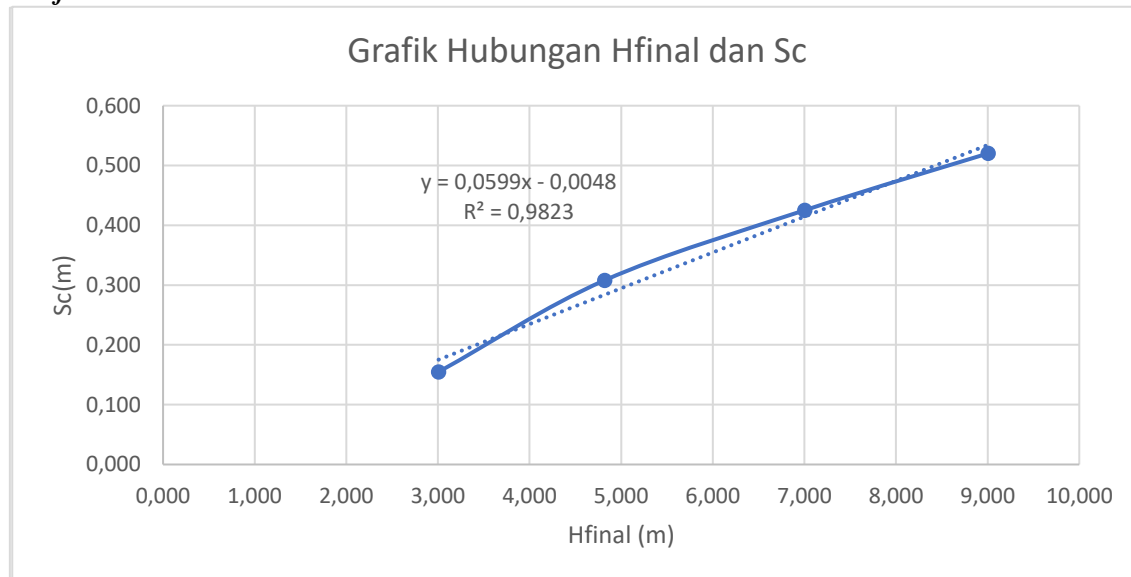
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,187	0,155	0,13	0,1	3,007
5	32,8	5,153	0,308	0,13	0,1	4,820
7	44,8	7,452	0,425	0,13	0,1	7,002
9	56,8	9,549	0,520	0,13	0,1	9,004

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000



Lampiran 3

*Tabel Distribusi Tegangan Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250*

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	I	b' (m)	a' (m)	$\alpha 1'$ (rad)	$\alpha 2'$ (rad)	I'	qo (kN/m2)	Δp (kN/m2)
1	0,5	8	6	1,53093	86,42367	0,500	24	6	0,23865	88,80651	0,500	55,5	55,499
2	1,5	8	6	4,50415	79,38034	0,499	24	6	0,71393	86,42367	0,500	55,5	55,464
3	2,5	8	6	7,22935	72,64598	0,497	24	6	1,18322	84,05314	0,500	55,5	55,341
4	3,5	8	6	9,59313	66,37062	0,493	24	6	1,64272	81,70286	0,500	55,5	55,090
5	4,5	8	6	11,53886	60,64225	0,486	24	6	2,08889	79,38034	0,499	55,5	54,696
6	5,5	8	6	13,06079	55,49148	0,478	24	6	2,51855	77,09259	0,498	55,5	54,159
7	6,5	8	6	14,18909	50,90614	0,467	24	6	2,92895	74,84593	0,497	55,5	53,497
8	7,5	8	6	14,97380	46,84761	0,454	24	6	3,31778	72,64598	0,496	55,5	52,732
9	8,5	8	6	15,47197	43,26430	0,441	24	6	3,68325	70,49755	0,494	55,5	51,886
10	9,5	8	6	15,73940	40,10091	0,427	24	6	4,02405	68,40469	0,492	55,5	50,983
11	10,5	8	6	15,82615	37,30395	0,412	24	6	4,33933	66,37062	0,489	55,5	50,042
12	11,5	8	6	15,77485	34,82449	0,398	24	6	4,62869	64,39781	0,486	55,5	49,079
13	12,5	8	6	15,62046	32,61924	0,384	24	6	4,89214	62,48800	0,483	55,5	48,105
14	13,5	8	6	15,39096	30,65067	0,370	24	6	5,13001	60,64225	0,479	55,5	47,130
15	14,5	8	6	15,10833	28,88658	0,356	24	6	5,34295	58,86103	0,475	55,5	46,162

**Tabel Distribusi Tegangan Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250**

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	I	b' (m)	a' (m)	$\alpha 1'$ (rad)	$\alpha 2'$ (rad)	I'	qo (kN/m2)	Δp (kN/m2)
1	0,5	8	10	1,98519	86,42367	0,500	24	10	0,35097	88,80651	0,500	92,5	92,498
2	1,5	8	10	5,85601	79,38034	0,500	24	10	1,05022	86,42367	0,500	92,5	92,457
3	2,5	8	10	9,44686	72,64598	0,498	24	10	1,74151	84,05314	0,500	92,5	92,307
4	3,5	8	10	12,62584	66,37062	0,495	24	10	2,41975	81,70286	0,500	92,5	92,000
5	4,5	8	10	15,32151	60,64225	0,490	24	10	3,08021	79,38034	0,499	92,5	91,510
6	5,5	8	10	17,51770	55,49148	0,483	24	10	3,71857	77,09259	0,499	92,5	90,835
7	6,5	8	10	19,23864	50,90614	0,475	24	10	4,33106	74,84593	0,498	92,5	89,986
8	7,5	8	10	20,53252	46,84761	0,466	24	10	4,91446	72,64598	0,496	92,5	88,986
9	8,5	8	10	21,45798	43,26430	0,455	24	10	5,46621	70,49755	0,495	92,5	87,860
10	9,5	8	10	22,07500	40,10091	0,444	24	10	5,98432	68,40469	0,493	92,5	86,635
11	10,5	8	10	22,43961	37,30395	0,432	24	10	6,46746	66,37062	0,491	92,5	85,334
12	11,5	8	10	22,60145	34,82449	0,419	24	10	6,91484	64,39781	0,488	92,5	83,977
13	12,5	8	10	22,60293	32,61924	0,407	24	10	7,32620	62,48800	0,486	92,5	82,583
14	13,5	8	10	22,47943	30,65067	0,395	24	10	7,70176	60,64225	0,482	92,5	81,165
15	14,5	8	10	22,26004	28,88658	0,383	24	10	8,04215	58,86103	0,479	92,5	79,734

**Tabel Distribusi Tegangan Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250**

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	I	b' (m)	a' (m)	$\alpha 1'$ (rad)	$\alpha 2'$ (rad)	I'	qo (kN/m ²)	Δp (kN/m ²)
1	0,5	8	14	2,27438	86,42367	0,500	24	14	0,43964	88,80651	0,500	129,5	129,498
2	1,5	8	14	6,71916	79,38034	0,500	24	14	1,31583	86,42367	0,500	129,5	129,453
3	2,5	8	14	10,87095	72,64598	0,498	24	14	2,18283	84,05314	0,500	129,5	129,289
4	3,5	8	14	14,58989	66,37062	0,496	24	14	3,03475	81,70286	0,500	129,5	128,952
5	4,5	8	14	17,79762	60,64225	0,492	24	14	3,86608	79,38034	0,499	129,5	128,409
6	5,5	8	14	20,47228	55,49148	0,487	24	14	4,67179	77,09259	0,499	129,5	127,655
7	6,5	8	14	22,63384	50,90614	0,480	24	14	5,44742	74,84593	0,498	129,5	126,698
8	7,5	8	14	24,32768	46,84761	0,473	24	14	6,18914	72,64598	0,497	129,5	125,559
9	8,5	8	14	25,61099	43,26430	0,464	24	14	6,89384	70,49755	0,496	129,5	124,262
10	9,5	8	14	26,54353	40,10091	0,455	24	14	7,55907	68,40469	0,494	129,5	122,834
11	10,5	8	14	27,18218	37,30395	0,445	24	14	8,18306	66,37062	0,492	129,5	121,299
12	11,5	8	14	27,57821	34,82449	0,434	24	14	8,76471	64,39781	0,490	129,5	119,679
13	12,5	8	14	27,77631	32,61924	0,424	24	14	9,30352	62,48800	0,487	129,5	117,995
14	13,5	8	14	27,81454	30,65067	0,413	24	14	9,79950	60,64225	0,485	129,5	116,262
15	14,5	8	14	27,72490	28,88658	0,403	24	14	10,25317	58,86103	0,482	129,5	114,496

**Tabel Distribusi Tegangan Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250**

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	b (m)	a (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	I	b' (m)	a' (m)	$\alpha 1'$ (rad)	$\alpha 2'$ (rad)	I'	qo (kN/m2)	Δp (kN/m2)
1	0,5	8	18	2,47463	86,42367	0,500	24	18	0,51143	88,80651	0,500	166,5	166,498
2	1,5	8	18	7,31779	79,38034	0,500	24	18	1,53093	86,42367	0,500	166,5	166,450
3	2,5	8	18	11,86170	72,64598	0,499	24	18	2,54042	84,05314	0,500	166,5	166,278
4	3,5	8	18	15,96257	66,37062	0,497	24	18	3,53350	81,70286	0,500	166,5	165,922
5	4,5	8	18	19,53845	60,64225	0,494	24	18	4,50415	79,38034	0,499	166,5	165,348
6	5,5	8	18	22,56435	55,49148	0,489	24	18	5,44684	77,09259	0,499	166,5	164,545
7	6,5	8	18	25,05762	50,90614	0,484	24	18	6,35666	74,84593	0,498	166,5	163,520
8	7,5	8	18	27,06157	46,84761	0,477	24	18	7,22935	72,64598	0,497	166,5	162,292
9	8,5	8	18	28,63194	43,26430	0,470	24	18	8,06140	70,49755	0,496	166,5	160,884
10	9,5	8	18	29,82757	40,10091	0,462	24	18	8,85002	68,40469	0,495	166,5	159,322
11	10,5	8	18	30,70492	37,30395	0,454	24	18	9,59313	66,37062	0,493	166,5	157,629
12	11,5	8	18	31,31534	34,82449	0,445	24	18	10,28937	64,39781	0,491	166,5	155,829
13	12,5	8	18	31,70394	32,61924	0,436	24	18	10,93799	62,48800	0,489	166,5	153,942
14	13,5	8	18	31,90960	30,65067	0,426	24	18	11,53886	60,64225	0,486	166,5	151,985
15	14,5	8	18	31,96535	28,88658	0,417	24	18	12,09235	58,86103	0,484	166,5	149,975

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	56,0486	3,5095	59,5581	15	18,5095	5,274	OC	0,135281
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	56,0140	10,5285	66,5425	15	25,5285	2,425	OC	0,101549
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	55,8908	17,5475	73,4383	15	32,5475	1,855	OC	0,083619
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,6402	24,4790	80,1192	15	39,4790	1,613	OC	0,068779
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,2456	31,3230	86,5686	15	46,3230	1,479	OC	0,060183
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	54,7094	38,1670	92,8764	15	53,1670	1,393	OC	0,053359
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	54,0473	44,9290	98,9763	15	59,9290	1,334	OC	0,050430
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	53,2816	51,6090	104,8906	15	66,6090	1,291	OC	0,045526
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	52,4295	58,2890	110,7185	15	73,2890	1,257	OC	0,041307
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	51,5267	65,2710	116,7977	15	80,2710	1,230	OC	0,036345
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	50,5746	72,5550	123,1296	15	87,5550	1,207	OC	0,033041
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	49,6110	79,8390	129,4500	15	94,8390	1,188	OC	0,030162
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	48,6372	87,1690	135,8062	15	102,1690	1,172	OC	0,023441
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	47,6584	94,5450	142,2034	15	109,5450	1,159	OC	0,021519
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	46,6902	101,9210	148,6112	15	116,9210	1,147	OC	0,019812
Sc total =											0,804353	

Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	93,0484	3,5095	96,5579	15	18,5095	5,274	OC	0,177748
2	1	1,429	0,4916	0,1095	93,0066	10,5285	103,5351	15	25,5285	2,425	OC	0,140403
3	1	1,429	0,4916	0,1095	92,8571	17,5475	110,4046	15	32,5475	1,855	OC	0,119453
4	1	1,383	0,4635	0,1032	92,5501	24,4790	117,0291	15	39,4790	1,613	OC	0,100788
5	1	1,383	0,4635	0,1032	92,0603	31,3230	123,3833	15	46,3230	1,479	OC	0,090119
6	1	1,383	0,4635	0,1032	91,3845	38,1670	129,5515	15	53,1670	1,393	OC	0,081474
7	1	1,319	0,4733	0,1105	90,5291	44,9290	135,4581	15	59,9290	1,334	OC	0,078241
8	1	1,319	0,4733	0,1105	89,5291	51,6090	141,1381	15	66,6090	1,291	OC	0,071834
9	1	1,319	0,4733	0,1105	88,3927	58,2890	146,6817	15	73,2890	1,257	OC	0,066236
10	1	1,312	0,4576	0,1057	87,1675	65,2710	152,4385	15	80,2710	1,230	OC	0,059238
11	1	1,312	0,4576	0,1057	85,8663	72,5550	158,4213	15	87,5550	1,207	OC	0,054705
12	1	1,312	0,4576	0,1057	84,5053	79,8390	164,3443	15	94,8390	1,188	OC	0,050678
13	1	1,176	0,3663	0,0832	83,1108	87,1690	170,2798	15	102,1690	1,172	OC	0,039978
14	1	1,176	0,3663	0,0832	81,6882	94,5450	176,2332	15	109,5450	1,159	OC	0,037204
15	1	1,176	0,3663	0,0832	80,2581	101,9210	182,1791	15	116,9210	1,147	OC	0,034700
Sc total =											1,202798	

**Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250**

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,4290	0,4916	0,1095	130,0482	3,5095	133,5577	15	18,5095	5,274	OC	0,206259
2	1	1,4290	0,4916	0,1095	130,0027	10,5285	140,5312	15	25,5285	2,425	OC	0,167255
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	129,8391	17,5475	147,3866	15	32,5475	1,855	OC	0,144845
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,5015	24,4790	153,9805	15	39,4790	1,613	OC	0,123968
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	128,9527	31,3230	160,2757	15	46,3230	1,479	OC	0,112218
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	128,1983	38,1670	166,3653	15	53,1670	1,393	OC	0,102602
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	127,2304	44,9290	172,1594	15	59,9290	1,334	OC	0,099491
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	126,0912	51,6090	177,7002	15	66,6090	1,291	OC	0,092251
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	124,7945	58,2890	183,0835	15	73,2890	1,257	OC	0,085884
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	123,3619	65,2710	188,6329	15	80,2710	1,230	OC	0,077551
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	121,8268	72,5550	194,3818	15	87,5550	1,207	OC	0,072289
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	120,2028	79,8390	200,0418	15	94,8390	1,188	OC	0,067575
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	118,5183	87,1690	205,6873	15	102,1690	1,172	OC	0,053789
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	116,7793	94,5450	211,3243	15	109,5450	1,159	OC	0,050478
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	115,0132	101,9210	216,9342	15	116,9210	1,147	OC	0,047465
Sc total =											1,503920	

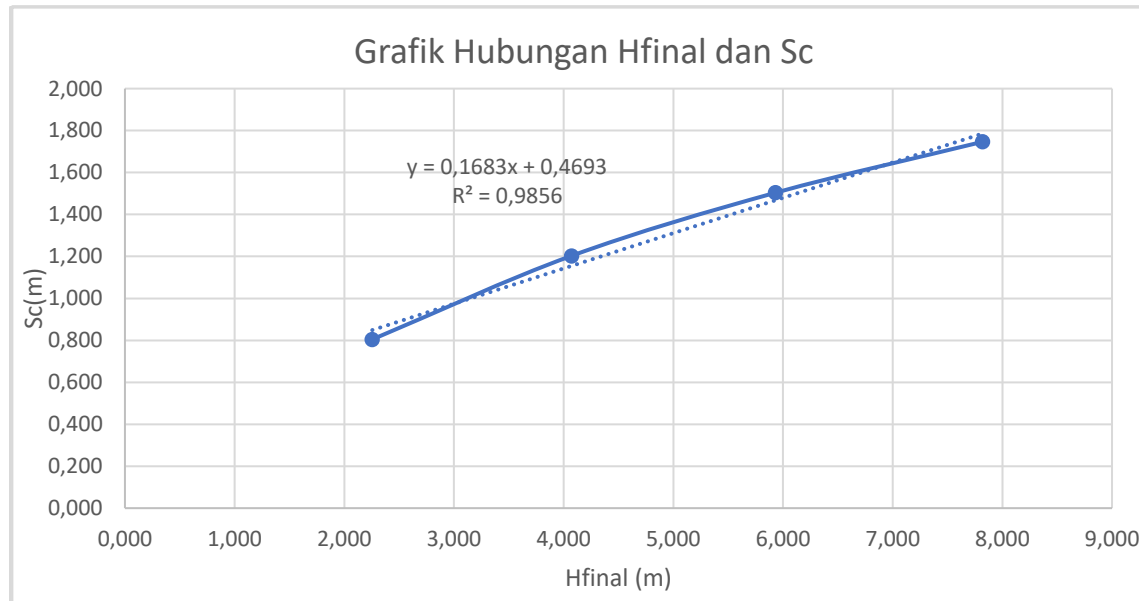
Tabel Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	1,429	0,4916	0,1095	167,0481	3,5095	170,5576	15	18,5095	5,274	OC	0,227751
2	1	1,429	0,4916	0,1095	167,0003	10,5285	177,5288	15	25,5285	2,425	OC	0,187795
3	1	1,429	0,4916	0,1095	166,8217	17,5475	184,3692	15	32,5475	1,855	OC	0,164521
4	1	1,383	0,4635	0,1032	166,4656	24,4790	190,9446	15	39,4790	1,613	OC	0,142144
5	1	1,383	0,4635	0,1032	165,8803	31,3230	197,2033	15	46,3230	1,479	OC	0,129733
6	1	1,383	0,4635	0,1032	165,0772	38,1670	203,2442	15	53,1670	1,393	OC	0,119516
7	1	1,319	0,4733	0,1105	164,0526	44,9290	208,9816	15	59,9290	1,334	OC	0,116670
8	1	1,319	0,4733	0,1105	162,8202	51,6090	214,4292	15	66,6090	1,291	OC	0,108903
9	1	1,319	0,4733	0,1105	161,4124	58,2890	219,7014	15	73,2890	1,257	OC	0,102044
10	1	1,312	0,4576	0,1057	159,8455	65,2710	225,1165	15	80,2710	1,230	OC	0,092750
11	1	1,312	0,4576	0,1057	158,1529	72,5550	230,7079	15	87,5550	1,207	OC	0,087017
12	1	1,312	0,4576	0,1057	156,3463	79,8390	236,1853	15	94,8390	1,188	OC	0,081852
13	1	1,176	0,3663	0,0832	154,4590	87,1690	241,6280	15	102,1690	1,172	OC	0,065562
14	1	1,176	0,3663	0,0832	152,4936	94,5450	247,0386	15	109,5450	1,159	OC	0,061894
15	1	1,176	0,3663	0,0832	150,4833	101,9210	252,4043	15	116,9210	1,147	OC	0,058536
Sc total =											1,746689	

**Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250**

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	Sc (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,554	0,804	0,59	0,1	2,255
5	94,7	5,769	1,203	0,59	0,1	4,072
7	131,7	7,932	1,504	0,59	0,1	5,933
9	168,7	10,063	1,747	0,59	0,1	7,822

**Grafik Penentuan Sc Timbunan Akibat Perbedaan Pemampatan $x = 0,5b$
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250**



Lampiran 4

Tabel Data Tanah 1

Depth (m)	H (m)	Cv (m ² /yr)	Cv (cm ² /s)	γ _{sat} (kN/m ³)	e	Cc	Cs
-3,00	3	3,8	0,001204972	17,019	1,429	0,49156533	0,10954082
-6,00	3	3,9	0,001236682	16,844	1,383	0,46352957	0,10321378
-9,00	3	2,65	0,000840309	16,68	1,319	0,47326893	0,11049522
-12,00	3	3,18	0,001008371	17,284	1,312	0,45761472	0,10570688
-15,00	3	4,9	0,00155378	17,376	1,176	0,36628688	0,08315952

$$\begin{aligned}
 \text{Cv gabungan} &= 3,570271 \text{ m}^2/\text{yr} \\
 &= 0,001132 \text{ cm}^2/\text{s} \\
 &= 0,06841 \text{ m}^2/\text{wk}
 \end{aligned}$$

Tabel Data Tanah 2

Depth (m)	H (m)	Cv (m ² /yr)	Cv (cm ² /s)	γ _{sat} (kN/m ³)	e	Cc	Cs
-4,00	4	2,561	0,000812007	16,665	1,338780939	0,492924772	0,11121127
-15,00	15	3,222	0,001021827	17,082	1,246394119	0,418973451	0,096253913

$$\begin{aligned}
 \text{Cv gabungan} &= 1,909285 \text{ m}^2/\text{yr} \\
 &= 0,000605 \text{ cm}^2/\text{s} \\
 &= 0,03661 \text{ m}^2/\text{wk}
 \end{aligned}$$

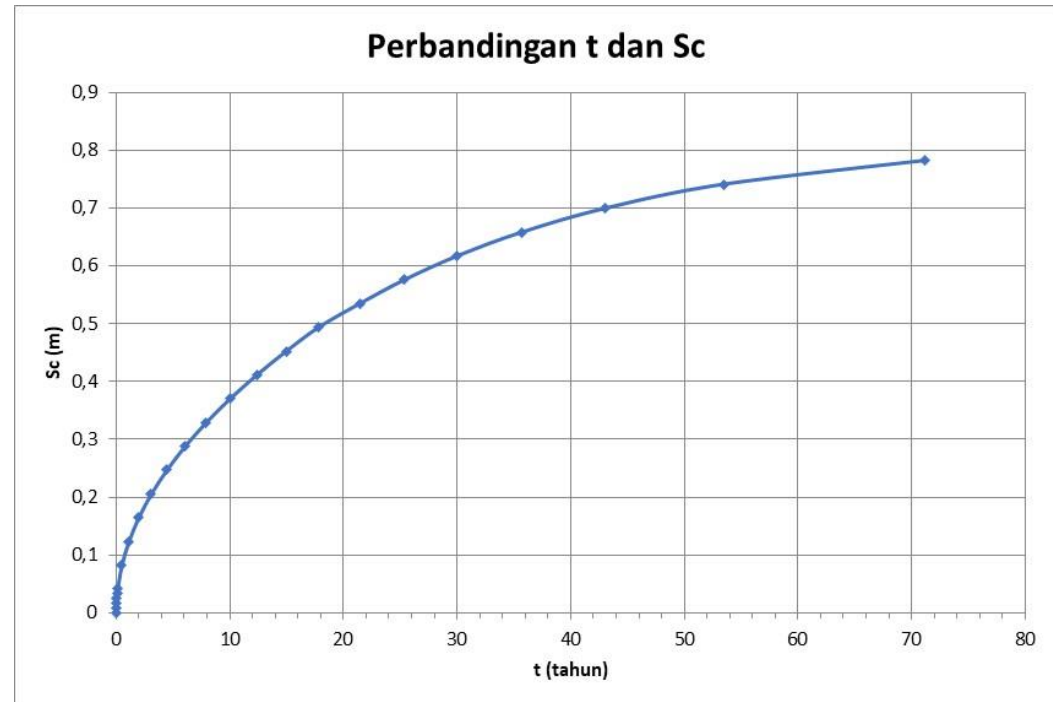
Tabel Data Tanah 3

Depth (m)	H (m)	Cv (m ² /yr)	Cv (cm ² /s)	γ _{sat} (kN/m ³)	e	Cc	Cs
-3,00	3	3,200	0,001014713	16,617	1,489	0,51936573	0,11472242
-6,00	3	3,950	0,001252537	16,629	1,471	0,48951933	0,10601682

$$\begin{aligned}
 \text{Cv gabungan} &= 3,54544 \text{ m}^2/\text{yr} \\
 &= 0,001124 \text{ cm}^2/\text{s} \\
 &= 0,06799 \text{ m}^2/\text{wk}
 \end{aligned}$$

Tabel dan Grafik Rate Of Settlement STA 150+250

Derajat Konsolidasi U (%)	Faktor Waktu Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7,85398E-05	0,00495	0,008228
2	0,000314159	0,019798	0,016456
3	0,000706858	0,044547	0,024684
4	0,001256637	0,079194	0,032912
5	0,001963495	0,12374	0,04114
10	0,007853982	0,494961	0,08228
15	0,017671459	1,113663	0,12342
20	0,031415927	1,979845	0,16456
25	0,049087385	3,093508	0,2057
30	0,070685835	4,454651	0,24684
35	0,096211275	6,063275	0,28798
40	0,125663706	7,91938	0,32912
45	0,159043128	10,02296	0,37026
50	0,196349541	12,37403	0,4114
55	0,237582944	14,97258	0,45254
60	0,282743339	17,8186	0,49368
65	0,340384515	21,45118	0,53482
70	0,402845869	25,38752	0,57596
75	0,476721972	30,04322	0,6171
80	0,567139014	35,74134	0,65824
85	0,683706855	43,08749	0,69938
90	0,848	53,44132	0,74052
95	1,128860986	71,14129	0,78166
100			0,8228



**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 0,9 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,3813	39,344
2	0,0006086	0,0278	0,6172	62,782
3	0,0009129	0,0341	0,7631	77,120
4	0,0012173	0,0394	0,8534	85,920
5	0,0015216	0,0440	0,9093	91,330
6	0,0018259	0,0482	0,9439	94,659
7	0,0021302	0,0521	0,9653	96,709
8	0,0024345	0,0557	0,9785	97,971
9	0,0027388	0,0591	0,9867	98,749
10	0,0030432	0,0622	0,9918	99,229
11	0,0033475	0,0653	0,9949	99,524
12	0,0036518	0,0682	0,9969	99,707
13	0,0039561	0,0710	0,9981	99,819
14	0,0042604	0,0737	0,9988	99,888
15	0,0045647	0,0762	0,9993	99,931
16	0,0048690	0,0787	0,9995	99,957
17	0,0051734	0,0812	0,9997	99,974
18	0,0054777	0,0835	0,9998	99,984
19	0,0057820	0,0858	0,9999	99,990
20	0,0060863	0,0880	0,9999	99,994
21	0,0063906	0,0902	1,0000	99,996
22	0,0066949	0,0923	1,0000	99,998
23	0,0069993	0,0944	1,0000	99,999

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,3084	32,205
2	0,0006086	0,0278	0,5217	53,505
3	0,0009129	0,0341	0,6693	68,053
4	0,0012173	0,0394	0,7713	78,027
5	0,0015216	0,0440	0,8418	84,878
6	0,0018259	0,0482	0,8906	89,588
7	0,0021302	0,0521	0,9243	92,829
8	0,0024345	0,0557	0,9477	95,059
9	0,0027388	0,0591	0,9638	96,595
10	0,0030432	0,0622	0,9750	97,654
11	0,0033475	0,0653	0,9827	98,383
12	0,0036518	0,0682	0,9880	98,885
13	0,0039561	0,0710	0,9917	99,231
14	0,0042604	0,0737	0,9943	99,470
15	0,0045647	0,0762	0,9960	99,634
16	0,0048690	0,0787	0,9973	99,748
17	0,0051734	0,0812	0,9981	99,826
18	0,0054777	0,0835	0,9987	99,880
19	0,0057820	0,0858	0,9991	99,917
20	0,0060863	0,0880	0,9994	99,943
21	0,0063906	0,0902	0,9996	99,961
22	0,0066949	0,0923	0,9997	99,973
23	0,0069993	0,0944	0,9998	99,981

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1,1 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,2526	26,734
2	0,0006086	0,0278	0,4414	45,698
3	0,0009129	0,0341	0,5825	59,677
4	0,0012173	0,0394	0,6880	70,029
5	0,0015216	0,0440	0,7668	77,709
6	0,0018259	0,0482	0,8257	83,413
7	0,0021302	0,0521	0,8698	87,654
8	0,0024345	0,0557	0,9027	90,808
9	0,0027388	0,0591	0,9272	93,155
10	0,0030432	0,0622	0,9456	94,901
11	0,0033475	0,0653	0,9594	96,202
12	0,0036518	0,0682	0,9696	97,170
13	0,0039561	0,0710	0,9773	97,891
14	0,0042604	0,0737	0,9830	98,429
15	0,0045647	0,0762	0,9873	98,829
16	0,0048690	0,0787	0,9905	99,127
17	0,0051734	0,0812	0,9929	99,349
18	0,0054777	0,0835	0,9947	99,515
19	0,0057820	0,0858	0,9960	99,638
20	0,0060863	0,0880	0,9970	99,730
21	0,0063906	0,0902	0,9978	99,799
22	0,0066949	0,0923	0,9983	99,850
23	0,0069993	0,0944	0,9988	99,888

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1,2 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,2095	22,506
2	0,0006086	0,0278	0,3751	39,251
3	0,0009129	0,0341	0,5060	52,287
4	0,0012173	0,0394	0,6095	62,489
5	0,0015216	0,0440	0,6913	70,491
6	0,0018259	0,0482	0,7560	76,776
7	0,0021302	0,0521	0,8071	81,716
8	0,0024345	0,0557	0,8475	85,601
9	0,0027388	0,0591	0,8795	88,658
10	0,0030432	0,0622	0,9047	91,065
11	0,0033475	0,0653	0,9247	92,960
12	0,0036518	0,0682	0,9405	94,452
13	0,0039561	0,0710	0,9529	95,627
14	0,0042604	0,0737	0,9628	96,553
15	0,0045647	0,0762	0,9706	97,283
16	0,0048690	0,0787	0,9768	97,858
17	0,0051734	0,0812	0,9816	98,311
18	0,0054777	0,0835	0,9855	98,669
19	0,0057820	0,0858	0,9885	98,950
20	0,0060863	0,0880	0,9909	99,172
21	0,0063906	0,0902	0,9928	99,347
22	0,0066949	0,0923	0,9943	99,485
23	0,0069993	0,0944	0,9955	99,594

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1,3 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1758	19,202
2	0,0006086	0,0278	0,3207	33,960
3	0,0009129	0,0341	0,4401	45,920
4	0,0012173	0,0394	0,5385	55,671
5	0,0015216	0,0440	0,6197	63,640
6	0,0018259	0,0482	0,6865	70,164
7	0,0021302	0,0521	0,7416	75,509
8	0,0024345	0,0557	0,7871	79,891
9	0,0027388	0,0591	0,8245	83,485
10	0,0030432	0,0622	0,8553	86,435
11	0,0033475	0,0653	0,8808	88,856
12	0,0036518	0,0682	0,9017	90,843
13	0,0039561	0,0710	0,9190	92,476
14	0,0042604	0,0737	0,9332	93,816
15	0,0045647	0,0762	0,9450	94,918
16	0,0048690	0,0787	0,9547	95,822
17	0,0051734	0,0812	0,9626	96,566
18	0,0054777	0,0835	0,9692	97,177
19	0,0057820	0,0858	0,9746	97,679
20	0,0060863	0,0880	0,9791	98,092
21	0,0063906	0,0902	0,9828	98,431
22	0,0066949	0,0923	0,9858	98,710
23	0,0069993	0,0944	0,9883	98,939

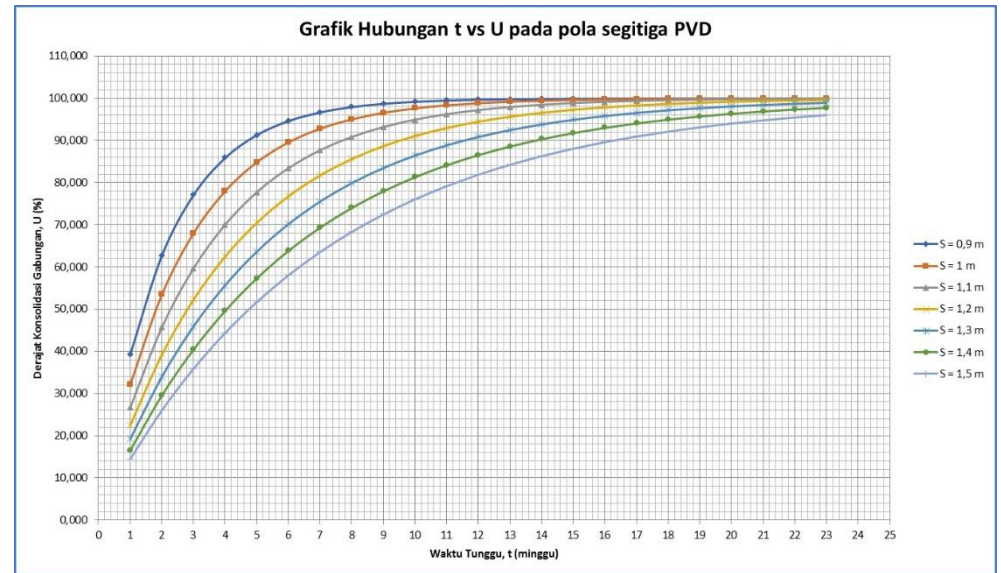
**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1,4 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1491	16,588
2	0,0006086	0,0278	0,2760	29,617
3	0,0009129	0,0341	0,3840	40,499
4	0,0012173	0,0394	0,4759	49,649
5	0,0015216	0,0440	0,5540	57,365
6	0,0018259	0,0482	0,6205	63,882
7	0,0021302	0,0521	0,6771	69,393
8	0,0024345	0,0557	0,7253	74,056
9	0,0027388	0,0591	0,7662	78,004
10	0,0030432	0,0622	0,8011	81,348
11	0,0033475	0,0653	0,8308	84,181
12	0,0036518	0,0682	0,8560	86,582
13	0,0039561	0,0710	0,8775	88,617
14	0,0042604	0,0737	0,8957	90,342
15	0,0045647	0,0762	0,9113	91,806
16	0,0048690	0,0787	0,9245	93,046
17	0,0051734	0,0812	0,9358	94,099
18	0,0054777	0,0835	0,9454	94,992
19	0,0057820	0,0858	0,9535	95,749
20	0,0060863	0,0880	0,9604	96,392
21	0,0063906	0,0902	0,9663	96,937
22	0,0066949	0,0923	0,9714	97,400
23	0,0069993	0,0944	0,9756	97,793

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga Jarak 1,5 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1278	14,494
2	0,0006086	0,0278	0,2392	26,039
3	0,0009129	0,0341	0,3364	35,904
4	0,0012173	0,0394	0,4212	44,399
5	0,0015216	0,0440	0,4952	51,737
6	0,0018259	0,0482	0,5597	58,089
7	0,0021302	0,0521	0,6159	63,592
8	0,0024345	0,0557	0,6650	68,364
9	0,0027388	0,0591	0,7078	72,505
10	0,0030432	0,0622	0,7451	76,099
11	0,0033475	0,0653	0,7777	79,220
12	0,0036518	0,0682	0,8061	81,932
13	0,0039561	0,0710	0,8309	84,287
14	0,0042604	0,0737	0,8525	86,334
15	0,0045647	0,0762	0,8713	88,114
16	0,0048690	0,0787	0,8878	89,660
17	0,0051734	0,0812	0,9021	91,005
18	0,0054777	0,0835	0,9146	92,175
19	0,0057820	0,0858	0,9255	93,191
20	0,0060863	0,0880	0,9350	94,076
21	0,0063906	0,0902	0,9433	94,845
22	0,0066949	0,0923	0,9506	95,514
23	0,0069993	0,0944	0,9569	96,096

**Grafik Hubungan t vs U Pola Segitiga PVD
STA 150+250**



**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 0,9 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,3293	34,246
2	0,0006086	0,0278	0,5501	56,263
3	0,0009129	0,0341	0,6982	70,852
4	0,0012173	0,0394	0,7976	80,556
5	0,0015216	0,0440	0,8642	87,021
6	0,0018259	0,0482	0,9089	91,333
7	0,0021302	0,0521	0,9389	94,210
8	0,0024345	0,0557	0,9590	96,131
9	0,0027388	0,0591	0,9725	97,414
10	0,0030432	0,0622	0,9816	98,272
11	0,0033475	0,0653	0,9876	98,844
12	0,0036518	0,0682	0,9917	99,227
13	0,0039561	0,0710	0,9944	99,483
14	0,0042604	0,0737	0,9963	99,654
15	0,0045647	0,0762	0,9975	99,769
16	0,0048690	0,0787	0,9983	99,845
17	0,0051734	0,0812	0,9989	99,897
18	0,0054777	0,0835	0,9992	99,931
19	0,0057820	0,0858	0,9995	99,954
20	0,0060863	0,0880	0,9997	99,969
21	0,0063906	0,0902	0,9998	99,979
22	0,0066949	0,0923	0,9998	99,986
23	0,0069993	0,0944	0,9999	99,991

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,2646	27,910
2	0,0006086	0,0278	0,4592	47,427
3	0,0009129	0,0341	0,6023	61,588
4	0,0012173	0,0394	0,7076	71,907
5	0,0015216	0,0440	0,7849	79,441
6	0,0018259	0,0482	0,8418	84,948
7	0,0021302	0,0521	0,8837	88,976
8	0,0024345	0,0557	0,9145	91,924
9	0,0027388	0,0591	0,9371	94,082
10	0,0030432	0,0622	0,9537	95,663
11	0,0033475	0,0653	0,9660	96,821
12	0,0036518	0,0682	0,9750	97,669
13	0,0039561	0,0710	0,9816	98,291
14	0,0042604	0,0737	0,9865	98,747
15	0,0045647	0,0762	0,9901	99,081
16	0,0048690	0,0787	0,9927	99,326
17	0,0051734	0,0812	0,9946	99,506
18	0,0054777	0,0835	0,9960	99,637
19	0,0057820	0,0858	0,9971	99,734
20	0,0060863	0,0880	0,9979	99,805
21	0,0063906	0,0902	0,9984	99,857
22	0,0066949	0,0923	0,9988	99,895
23	0,0069993	0,0944	0,9991	99,923

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1,1 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,2158	23,121
2	0,0006086	0,0278	0,3850	40,211
3	0,0009129	0,0341	0,5177	53,413
4	0,0012173	0,0394	0,6218	63,665
5	0,0015216	0,0440	0,7034	71,643
6	0,0018259	0,0482	0,7674	77,859
7	0,0021302	0,0521	0,8176	82,707
8	0,0024345	0,0557	0,8569	86,490
9	0,0027388	0,0591	0,8878	89,443
10	0,0030432	0,0622	0,9120	91,749
11	0,0033475	0,0653	0,9310	93,550
12	0,0036518	0,0682	0,9459	94,958
13	0,0039561	0,0710	0,9576	96,057
14	0,0042604	0,0737	0,9667	96,917
15	0,0045647	0,0762	0,9739	97,589
16	0,0048690	0,0787	0,9795	98,114
17	0,0051734	0,0812	0,9839	98,525
18	0,0054777	0,0835	0,9874	98,846
19	0,0057820	0,0858	0,9901	99,097
20	0,0060863	0,0880	0,9923	99,294
21	0,0063906	0,0902	0,9939	99,448
22	0,0066949	0,0923	0,9952	99,568

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1,2 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1784	19,456
2	0,0006086	0,0278	0,3249	34,374
3	0,0009129	0,0341	0,4454	46,427
4	0,0012173	0,0394	0,5443	56,224
5	0,0015216	0,0440	0,6256	64,207
6	0,0018259	0,0482	0,6924	70,721
7	0,0021302	0,0521	0,7473	76,041
8	0,0024345	0,0557	0,7923	80,390
9	0,0027388	0,0591	0,8294	83,946
10	0,0030432	0,0622	0,8598	86,854
11	0,0033475	0,0653	0,8848	89,234
12	0,0036518	0,0682	0,9054	91,182
13	0,0039561	0,0710	0,9222	92,777
14	0,0042604	0,0737	0,9361	94,082
15	0,0045647	0,0762	0,9475	95,151
16	0,0048690	0,0787	0,9569	96,027
17	0,0051734	0,0812	0,9646	96,744
18	0,0054777	0,0835	0,9709	97,332
19	0,0057820	0,0858	0,9761	97,813
20	0,0060863	0,0880	0,9803	98,208
21	0,0063906	0,0902	0,9839	98,531
22	0,0066949	0,0923	0,9867	98,796
23	0,0069993	0,0944	0,9891	99,013

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1,3 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1494	16,610
2	0,0006086	0,0278	0,2764	29,655
3	0,0009129	0,0341	0,3845	40,546
4	0,0012173	0,0394	0,4764	49,702
5	0,0015216	0,0440	0,5546	57,421
6	0,0018259	0,0482	0,6211	63,940
7	0,0021302	0,0521	0,6777	69,450
8	0,0024345	0,0557	0,7259	74,112
9	0,0027388	0,0591	0,7668	78,057
10	0,0030432	0,0622	0,8016	81,398
11	0,0033475	0,0653	0,8313	84,227
12	0,0036518	0,0682	0,8565	86,625
13	0,0039561	0,0710	0,8779	88,656
14	0,0042604	0,0737	0,8961	90,378
15	0,0045647	0,0762	0,9116	91,838
16	0,0048690	0,0787	0,9248	93,076
17	0,0051734	0,0812	0,9361	94,126
18	0,0054777	0,0835	0,9456	95,016
19	0,0057820	0,0858	0,9537	95,771
20	0,0060863	0,0880	0,9606	96,411
21	0,0063906	0,0902	0,9665	96,955
22	0,0066949	0,0923	0,9715	97,415

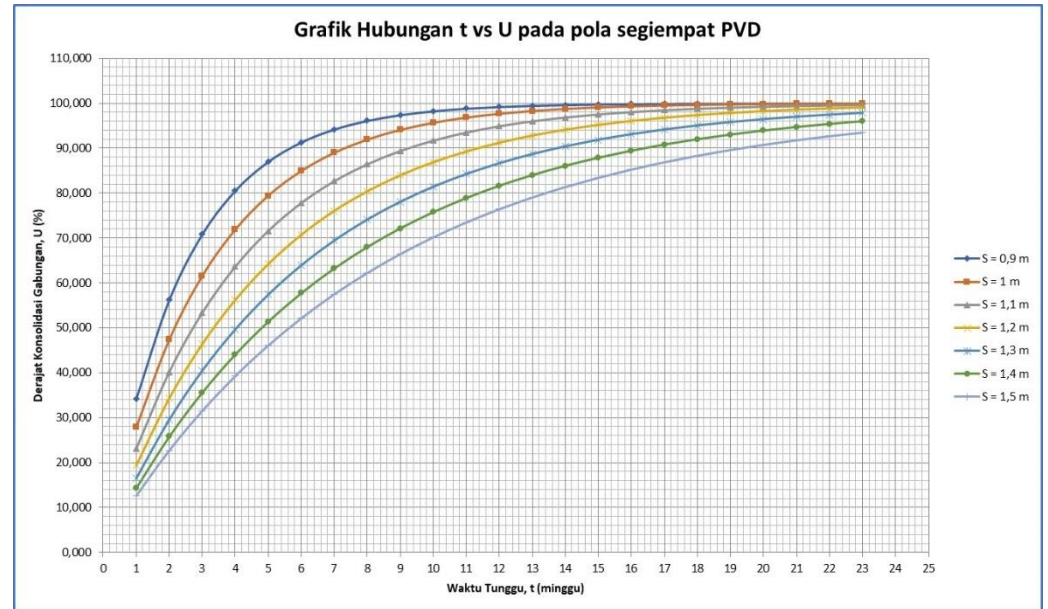
**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1,4 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1265	14,369
2	0,0006086	0,0278	0,2370	25,824
3	0,0009129	0,0341	0,3335	35,624
4	0,0012173	0,0394	0,4178	44,074
5	0,0015216	0,0440	0,4915	51,385
6	0,0018259	0,0482	0,5558	57,722
7	0,0021302	0,0521	0,6120	63,220
8	0,0024345	0,0557	0,6611	67,994
9	0,0027388	0,0591	0,7039	72,143
10	0,0030432	0,0622	0,7414	75,749
11	0,0033475	0,0653	0,7741	78,886
12	0,0036518	0,0682	0,8027	81,614
13	0,0039561	0,0710	0,8276	83,988
14	0,0042604	0,0737	0,8494	86,054
15	0,0045647	0,0762	0,8685	87,852
16	0,0048690	0,0787	0,8851	89,417
17	0,0051734	0,0812	0,8997	90,780
18	0,0054777	0,0835	0,9124	91,967
19	0,0057820	0,0858	0,9234	93,001
20	0,0060863	0,0880	0,9331	93,901
21	0,0063906	0,0902	0,9416	94,685
22	0,0066949	0,0923	0,9490	95,368
23	0,0069993	0,0944	0,9554	95,964

**Perhitungan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segiempat Jarak 1,5 m
STA 150+250**

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utotal (%)
1	0,0003043	0,0197	0,1083	12,581
2	0,0006086	0,0278	0,2048	22,693
3	0,0009129	0,0341	0,2909	31,506
4	0,0012173	0,0394	0,3676	39,254
5	0,0015216	0,0440	0,4361	46,092
6	0,0018259	0,0482	0,4971	52,139
7	0,0021302	0,0521	0,5516	57,494
8	0,0024345	0,0557	0,6001	62,239
9	0,0027388	0,0591	0,6434	66,447
10	0,0030432	0,0622	0,6820	70,181
11	0,0033475	0,0653	0,7164	73,495
12	0,0036518	0,0682	0,7471	76,438
13	0,0039561	0,0710	0,7745	79,052
14	0,0042604	0,0737	0,7989	81,373
15	0,0045647	0,0762	0,8207	83,436
16	0,0048690	0,0787	0,8401	85,269
17	0,0051734	0,0812	0,8574	86,898
18	0,0054777	0,0835	0,8728	88,347
19	0,0057820	0,0858	0,8866	89,634
20	0,0060863	0,0880	0,8989	90,779
21	0,0063906	0,0902	0,9098	91,797
22	0,0066949	0,0923	0,9196	92,702

**Grafik Hubungan t vs U Pola Segiempat PVD
STA 150+250**



Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 1
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	0,5	1	21,6	0,06	88,68	9,25	4,625	9,2499547
2	1,5	1	21,6	0,17	86,03	9,25	4,624	9,2487837
3	2,5	1	21,6	0,29	83,41	9,25	4,622	9,2444237
4	3,5	1	21,6	0,40	80,81	9,25	4,617	9,2349182
5	4,5	1	21,6	0,51	78,25	9,25	4,609	9,2185499
6	5,5	1	21,6	0,61	75,74	9,25	4,597	9,1939063
7	6,5	1	21,6	0,70	73,28	9,25	4,580	9,1599226
8	7,5	1	21,6	0,79	70,88	9,25	4,558	9,1158978
9	8,5	1	21,6	0,87	68,55	9,25	4,531	9,0614887
10	9,5	1	21,6	0,94	66,29	9,25	4,498	8,9966835
11	10,5	1	21,6	1,00	64,11	9,25	4,461	8,9217606
12	11,5	1	21,6	1,06	62,01	9,25	4,419	8,8372396
13	12,5	1	21,6	1,11	59,98	9,25	4,372	8,7438274
14	13,5	1	21,6	1,15	58,04	9,25	4,321	8,6423652
15	14,5	1	21,6	1,19	56,17	9,25	4,267	8,5337794

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 2
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	1	1	20,6	0,13	87,23	9,25	4,625	9,2495848
2	2	1	20,6	0,25	84,46	9,25	4,623	9,2467050
3	3	1	20,6	0,38	81,73	9,25	4,620	9,2390259
4	4	1	20,6	0,50	79,03	9,25	4,612	9,2244605
5	5	1	20,6	0,61	76,38	9,25	4,601	9,2012627
6	6	1	20,6	0,71	73,79	9,25	4,584	9,1680917
7	7	1	20,6	0,81	71,26	9,25	4,562	9,1240419
8	8	1	20,6	0,90	68,81	9,25	4,534	9,0686415
9	9	1	20,6	0,98	66,44	9,25	4,501	9,0018237
10	10	1	20,6	1,05	64,14	9,25	4,462	8,9238778
11	11	1	20,6	1,11	61,94	9,25	4,418	8,8353874
12	12	1	20,6	1,16	59,82	9,25	4,369	8,7371635
13	13	1	20,6	1,21	57,79	9,25	4,315	8,6301772
14	14	1	20,6	1,25	55,84	9,25	4,258	8,5154988
15	15	1	20,6	1,28	53,99	9,25	4,197	8,3942437

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 3
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	1,5	1	19,6	0,21	85,63	9,25	4,624	9,2483856
2	2,5	1	19,6	0,35	82,74	9,25	4,621	9,2426133
3	3,5	1	19,6	0,48	79,89	9,25	4,615	9,2300807
4	4,5	1	19,6	0,61	77,09	9,25	4,604	9,2086210
5	5,5	1	19,6	0,72	74,35	9,25	4,588	9,1765374
6	6,5	1	19,6	0,83	71,68	9,25	4,566	9,1326547
7	7,5	1	19,6	0,93	69,09	9,25	4,538	9,0763274
8	8,5	1	19,6	1,02	66,59	9,25	4,504	9,0074097
9	9,5	1	19,6	1,10	64,18	9,25	4,463	8,9261963
10	10,5	1	19,6	1,17	61,86	9,25	4,417	8,8333453
11	11,5	1	19,6	1,23	59,64	9,25	4,365	8,7297929
12	12,5	1	19,6	1,28	57,52	9,25	4,308	8,6166686
13	13,5	1	19,6	1,32	55,49	9,25	4,248	8,4952169
14	14,5	1	19,6	1,35	53,55	9,25	4,183	8,3667303
15	15,5	1	19,6	1,38	51,71	9,25	4,116	8,2324951

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 4
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	2	1	18,6	0,31	83,87	9,25	4,623	9,2455694
2	3	1	18,6	0,46	80,85	9,25	4,618	9,2352862
3	4	1	18,6	0,60	77,89	9,25	4,608	9,2158909
4	5	1	18,6	0,73	74,98	9,25	4,593	9,1852248
5	6	1	18,6	0,86	72,15	9,25	4,571	9,1417553
6	7	1	18,6	0,97	69,41	9,25	4,542	9,0846006
7	8	1	18,6	1,07	66,77	9,25	4,507	9,0135005
8	9	1	18,6	1,15	64,22	9,25	4,464	8,9287462
9	10	1	18,6	1,23	61,78	9,25	4,416	8,8310825
10	11	1	18,6	1,29	59,45	9,25	4,361	8,7215981
11	12	1	18,6	1,35	57,22	9,25	4,301	8,6016164
12	13	1	18,6	1,39	55,10	9,25	4,236	8,4725956
13	14	1	18,6	1,43	53,08	9,25	4,168	8,3360437
14	15	1	18,6	1,45	51,17	9,25	4,097	8,1934504
15	16	1	18,6	1,47	49,35	9,25	4,023	8,0462374

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 5
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	2,5	1	17,6	0,43	81,93	9,25	4,620	9,2399299
2	3,5	1	17,6	0,59	78,77	9,25	4,611	9,2229520
3	4,5	1	17,6	0,74	75,68	9,25	4,597	9,1940977
4	5,5	1	17,6	0,88	72,68	9,25	4,576	9,1513561
5	6,5	1	17,6	1,00	69,77	9,25	4,547	9,0935203
6	7,5	1	17,6	1,12	66,96	9,25	4,510	9,0201655
7	8,5	1	17,6	1,21	64,27	9,25	4,466	8,9315640
8	9,5	1	17,6	1,30	61,69	9,25	4,414	8,8285613
9	10,5	1	17,6	1,37	59,23	9,25	4,356	8,7124336
10	11,5	1	17,6	1,43	56,89	9,25	4,292	8,5847453
11	12,5	1	17,6	1,48	54,67	9,25	4,224	8,4472186
12	13,5	1	17,6	1,51	52,56	9,25	4,151	8,3016254
13	14,5	1	17,6	1,54	50,57	9,25	4,075	8,1497021
14	15,5	1	17,6	1,56	48,69	9,25	3,997	7,9930885
15	16,5	1	17,6	1,57	46,90	9,25	3,917	7,8332880

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 6
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m ²)	$\frac{1}{2} \Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	3	1	16,6	0,57	79,78	9,25	4,615	9,2296479
2	4	1	16,6	0,74	76,48	9,25	4,602	9,2030700
3	5	1	16,6	0,90	73,27	9,25	4,581	9,1614568
4	6	1	16,6	1,04	70,17	9,25	4,552	9,1031508
5	7	1	16,6	1,17	67,18	9,25	4,514	9,0274870
6	8	1	16,6	1,28	64,32	9,25	4,467	8,9346940
7	9	1	16,6	1,38	61,59	9,25	4,413	8,8257347
8	10	1	16,6	1,46	58,99	9,25	4,351	8,7021185
9	11	1	16,6	1,52	56,52	9,25	4,283	8,5657117
10	12	1	16,6	1,57	54,19	9,25	4,209	8,4185671
11	13	1	16,6	1,61	51,99	9,25	4,131	8,2627832
12	14	1	16,6	1,64	49,92	9,25	4,050	8,1003966
13	15	1	16,6	1,66	47,96	9,25	3,967	7,9333080
14	16	1	16,6	1,67	46,11	9,25	3,882	7,7632359
15	17	1	16,6	1,67	44,38	9,25	3,796	7,5916937

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 7
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	$\alpha 1$	$\alpha 2$	qo (Kn/m2)	$1/2 \Delta \sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta \sigma'$ (Kn/m2)
1	3,5	0,6	15,6	0,45	77,38	5,55	2,763	5,5263984
2	4,5	0,6	15,6	0,56	73,94	5,55	2,751	5,5015970
3	5,5	0,6	15,6	0,67	70,62	5,55	2,733	5,4653680
4	6,5	0,6	15,6	0,75	67,43	5,55	2,709	5,4171235
5	7,5	0,6	15,6	0,83	64,37	5,55	2,678	5,3569997
6	8,5	0,6	15,6	0,90	61,47	5,55	2,643	5,2857228
7	9,5	0,6	15,6	0,95	58,72	5,55	2,602	5,2044475
8	10,5	0,6	15,6	0,99	56,12	5,55	2,557	5,1145956
9	11,5	0,6	15,6	1,02	53,66	5,55	2,509	5,0177133
10	12,5	0,6	15,6	1,05	51,36	5,55	2,458	4,9153566
11	13,5	0,6	15,6	1,06	49,19	5,55	2,405	4,8090083
12	14,5	0,6	15,6	1,07	47,16	5,55	2,350	4,7000244
13	15,5	0,6	15,6	1,08	45,25	5,55	2,295	4,5896035
14	16,5	0,6	15,6	1,08	43,46	5,55	2,239	4,4787759
15	17,5	0,6	15,6	1,07	41,78	5,55	2,184	4,3684050

Perubahan Distribusi Tegangan Pada U = 100%

Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	Hi (m)	z (m)	Po' (kN/m ²)	σ_1' (kN/m ²)	σ_2' (kN/m ²)	σ_3' (kN/m ²)	σ_4' (kN/m ²)	σ_5' (kN/m ²)	σ_6' (kN/m ²)	σ_7' (kN/m ²)
			H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m	H = 3,3 m
1	1	0,5	3,5095	12,759	22,009	31,257	40,503	49,743	58,973	64,499
2	1	1,5	10,5285	19,777	29,024	38,267	47,502	56,725	65,928	71,430
3	1	2,5	17,5475	26,792	36,031	45,261	54,477	63,671	72,832	78,298
4	1	3,5	24,4790	33,714	42,938	52,147	61,332	70,484	79,587	85,004
5	1	4,5	31,3230	40,542	49,743	58,919	68,061	77,155	86,182	91,539
6	1	5,5	38,1670	47,361	56,529	65,662	74,746	83,766	92,701	97,987
7	1	6,5	44,9290	54,089	63,213	72,289	81,303	90,234	99,060	104,265
8	1	7,5	51,6090	60,725	69,794	78,801	87,730	96,558	105,260	110,375
9	1	8,5	58,2890	67,350	76,352	85,279	94,110	102,822	111,388	116,405
10	1	9,5	65,2710	74,268	83,192	92,025	100,747	109,331	117,750	122,665
11	1	10,5	72,5550	81,477	90,312	99,042	107,644	116,091	124,354	129,163
12	1	11,5	79,8390	88,676	97,413	106,030	114,503	122,804	130,905	135,605
13	1	12,5	87,1690	95,913	104,543	113,038	121,374	129,524	137,457	142,047
14	1	13,5	94,5450	103,187	111,703	120,070	128,263	136,256	144,019	148,498
15	1	14,5	101,9210	110,455	118,849	127,082	135,128	142,961	150,553	154,921

**Perubahan Distribusi Tegangan Pada $U < 100\%$
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250**

Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma \sigma'$
	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 2 m	H = 2,5 m	H = 3 m	H = 3,3 m	
Umur Timbunan		7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
U		0,052079405	0,04821616	0,044015131	0,03936833	0,034093974	0,027837613	0,019684165	
1	3,5095	0,244033	0,339849	0,342472	0,320491	0,284762	0,236245	0,104075	5,381427
2	10,5285	0,351424	0,369188	0,355327	0,327081	0,288245	0,237912	0,104095	12,561771
3	17,5475	0,391030	0,385480	0,363516	0,331439	0,290427	0,238721	0,103810	19,651924
4	24,4790	0,411494	0,395450	0,368791	0,334132	0,291503	0,238734	0,103226	26,622332
5	31,3230	0,423669	0,401801	0,372064	0,335516	0,291623	0,238023	0,102361	33,488059
6	38,1670	0,431420	0,405820	0,373857	0,335829	0,290911	0,236663	0,101242	40,342743
7	44,9290	0,436259	0,408060	0,374400	0,335181	0,289432	0,234707	0,099895	47,106935
8	51,6090	0,439043	0,408901	0,373885	0,333687	0,287270	0,232224	0,098353	53,782362
9	58,2890	0,440297	0,408613	0,372474	0,331460	0,284515	0,229291	0,096651	60,452301
10	65,2710	0,440421	0,407439	0,370335	0,328630	0,281276	0,226001	0,094828	67,419929
11	72,5550	0,439544	0,405461	0,367534	0,325259	0,277615	0,222412	0,092911	74,685736
12	79,8390	0,437698	0,402700	0,364097	0,321381	0,273572	0,218565	0,090925	81,947938
13	87,1690	0,435037	0,399274	0,360120	0,317083	0,269223	0,214523	0,088896	89,253156
14	94,5450	0,431674	0,395276	0,355688	0,312439	0,264635	0,210340	0,086844	96,601896
15	101,9210	0,427700	0,390786	0,350872	0,307514	0,259863	0,206063	0,084788	103,948587

Kenaikan Harga Cu***Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250***

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama (kN/m2)	Cu Baru (kN/m2)	2/3 Cu Baru (kN/m2)	Cu rata- rata (kN/m2)
1	27,86	51,27	15,176	10,11700861	17,03
2	27,86	51,27	25,590	17,06018108	
3	27,86	51,27	35,874	23,91614077	
4	27,19	48,43	46,272	30,84776186	37,53
5	27,19	48,43	56,304	37,53608289	
6	27,19	48,43	66,320	44,21364694	
7	30,18	57,26	73,937	49,29126924	55,58
8	30,18	57,26	83,370	55,57997559	
9	30,18	57,26	92,795	61,86351143	
10	30,16	69,85	102,663	68,44196417	75,287
11	30,16	69,85	112,933	75,2884076	
12	30,16	69,85	123,197	82,13145519	
13	21,33	72,44	146,211	97,47403328	105,09
14	21,33	72,44	157,643	105,0951021	
15	21,33	72,44	169,071	112,7140475	

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 1
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_1 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	0,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	12,759	18,5095	0,025280834
2	1,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	19,777	25,5285	0,012347588
3	2,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	26,792	32,5475	0,008288332
4	3,5	0,46352957	0,10321378	1,383	24,4790	33,714	39,479	0,006021117
5	4,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	40,542	46,323	0,004852607
6	5,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	47,361	53,167	0,00405977
7	6,5	0,47326893	0,11049522	1,319	44,9290	54,089	59,929	0,003839534
8	7,5	0,47326893	0,11049522	1,319	51,6090	60,725	66,609	0,003365904
9	8,5	0,47326893	0,11049522	1,319	58,2890	67,350	73,289	0,002990096
10	9,5	0,45761472	0,10570688	1,312	65,2710	74,268	80,271	0,002564014
11	10,5	0,45761472	0,10570688	1,312	72,5550	81,477	87,555	0,002302801
12	11,5	0,45761472	0,10570688	1,312	79,8390	88,676	94,839	0,002084519
13	12,5	0,36628688	0,08315952	1,176	87,1690	95,913	102,169	0,001586552
14	13,5	0,36628688	0,08315952	1,176	94,5450	103,187	109,545	0,001451774
15	14,5	0,36628688	0,08315952	1,176	101,9210	110,455	116,921	0,001334559
							Sc total =	0,08237

***Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 2
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250***

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_2 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	1	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	22,009	18,5095	0,022505787
2	2	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	29,024	25,5285	0,016278044
3	3	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	36,031	32,5475	0,012747749
4	4	0,46352957	0,10321378	1,383	24,4790	42,938	39,479	0,010065189
5	5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	49,743	46,323	0,008524702
6	6	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	56,529	53,167	0,007355018
7	7	0,47326893	0,11049522	1,319	44,9290	63,213	59,929	0,006850124
8	8	0,47326893	0,11049522	1,319	51,6090	69,794	66,609	0,006053105
9	9	0,47326893	0,11049522	1,319	58,2890	76,352	73,289	0,005377873
10	10	0,45761472	0,10570688	1,312	65,2710	83,192	80,271	0,004615481
11	11	0,45761472	0,10570688	1,312	72,5550	90,312	87,555	0,004093826
12	12	0,45761472	0,10570688	1,312	79,8390	97,413	94,839	0,003636399
13	13	0,36628688	0,08315952	1,176	87,1690	104,543	102,169	0,002727996
14	14	0,36628688	0,08315952	1,176	94,5450	111,703	109,545	0,002418389
15	15	0,36628688	0,08315952	1,176	101,9210	118,849	116,921	0,002139925
							Sc total =	0,115389606

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 3
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	$\sigma'_{3'}$ (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	1,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	31,257	18,5095	0,030832036
2	2,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	38,267	25,5285	0,024297534
3	3,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	45,261	32,5475	0,020044842
4	4,5	0,46352957	0,10321378	1,383	24,4790	52,147	39,479	0,016413904
5	5,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	58,919	46,323	0,014302233
6	6,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	65,662	53,167	0,012651366
7	7,5	0,47326893	0,11049522	1,319	44,9290	72,289	59,929	0,011891481
8	8,5	0,47326893	0,11049522	1,319	51,6090	78,801	66,609	0,010758496
9	9,5	0,47326893	0,11049522	1,319	58,2890	85,279	73,289	0,009799545
10	10,5	0,45761472	0,10570688	1,312	65,2710	92,025	80,271	0,008674513
11	11,5	0,45761472	0,10570688	1,312	72,5550	99,042	87,555	0,007931653
12	12,5	0,45761472	0,10570688	1,312	79,8390	106,030	94,839	0,007285879
13	13,5	0,36628688	0,08315952	1,176	87,1690	113,038	102,169	0,005711506
14	14,5	0,36628688	0,08315952	1,176	94,5450	120,070	109,545	0,005280311
15	15,5	0,36628688	0,08315952	1,176	101,9210	127,082	116,921	0,004896188
							Sc total =	0,190771487

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 4
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_4 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	2	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	40,503	18,5095	0,022773891
2	3	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	47,502	25,5285	0,019001049
3	4	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	54,477	32,5475	0,016288666
4	5	0,46352957	0,10321378	1,383	24,4790	61,332	39,479	0,013705418
5	6	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	68,061	46,323	0,012184633
6	7	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	74,746	53,167	0,010946849
7	8	0,47326893	0,11049522	1,319	44,9290	81,303	59,929	0,01041467
8	9	0,47326893	0,11049522	1,319	51,6090	87,730	66,609	0,009513373
9	10	0,47326893	0,11049522	1,319	58,2890	94,110	73,289	0,008733595
10	11	0,45761472	0,10570688	1,312	65,2710	100,747	80,271	0,007783528
11	12	0,45761472	0,10570688	1,312	72,5550	107,644	87,555	0,007158919
12	13	0,45761472	0,10570688	1,312	79,8390	114,503	94,839	0,006608208
13	14	0,36628688	0,08315952	1,176	87,1690	121,374	102,169	0,005201627
14	15	0,36628688	0,08315952	1,176	94,5450	128,263	109,545	0,004825779
15	16	0,36628688	0,08315952	1,176	101,9210	135,128	116,921	0,004488053
							Sc total =	0,159628256

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 5
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_5 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	2,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	49,743	18,5095	0,018060661
2	3,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	56,725	25,5285	0,015595392
3	4,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	63,671	32,5475	0,013706607
4	5,5	0,46352957	0,10321378	1,383	24,479	70,484	39,479	0,011748567
5	6,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	77,155	46,323	0,010593872
6	7,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	83,766	53,167	0,00962471
7	8,5	0,47326893	0,11049522	1,319	44,929	90,234	59,929	0,009238124
8	9,5	0,47326893	0,11049522	1,319	51,609	96,558	66,609	0,008498595
9	10,5	0,47326893	0,11049522	1,319	58,289	102,822	73,289	0,007847461
10	11,5	0,45761472	0,10570688	1,312	65,271	109,331	80,271	0,007029359
11	12,5	0,45761472	0,10570688	1,312	72,555	116,091	87,555	0,006494026
12	13,5	0,45761472	0,10570688	1,312	79,839	122,804	94,839	0,006016673
13	14,5	0,36628688	0,08315952	1,176	87,169	129,524	102,169	0,004750876
14	15,5	0,36628688	0,08315952	1,176	94,545	136,256	109,545	0,004419432
15	16,5	0,36628688	0,08315952	1,176	101,921	142,961	116,921	0,004119574
							Sc total =	0,13774393

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 6
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

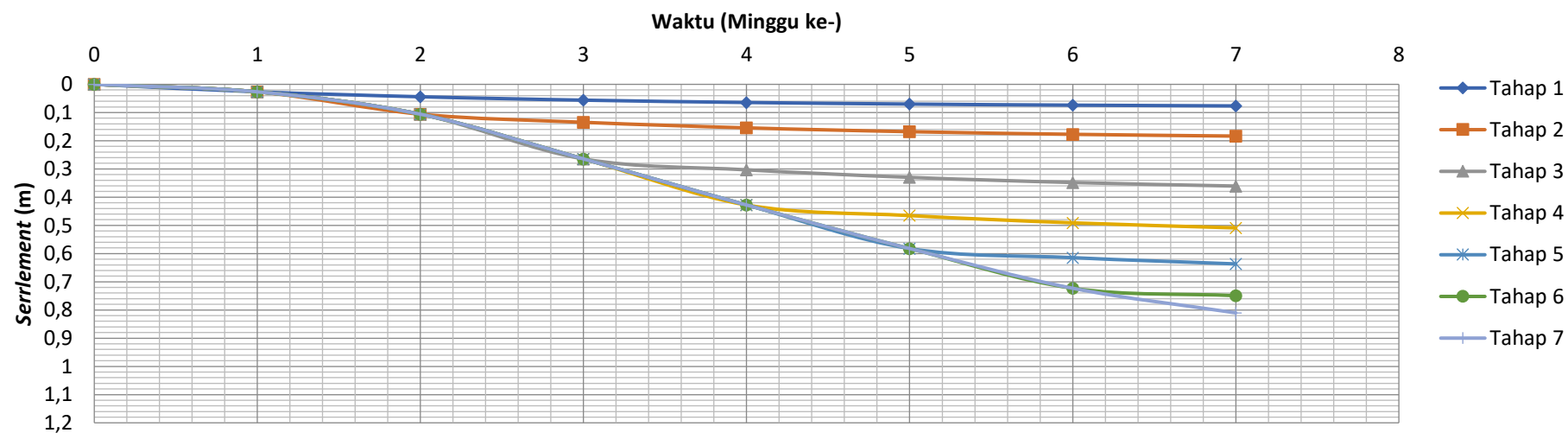
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_6 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	3	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	58,973	18,5095	0,014959201
2	4	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	65,928	25,5285	0,013214189
3	5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	72,832	32,5475	0,01181523
4	6	0,46352957	0,10321378	1,383	24,479	79,587	39,479	0,010261201
5	7	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	86,182	46,323	0,009347458
6	8	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	92,701	53,167	0,008561583
7	9	0,47326893	0,11049522	1,319	44,929	99,060	59,929	0,008270838
8	10	0,47326893	0,11049522	1,319	51,609	105,260	66,609	0,007648119
9	11	0,47326893	0,11049522	1,319	58,289	111,388	73,289	0,007092141
10	12	0,45761472	0,10570688	1,312	65,271	117,750	80,271	0,006376506
11	13	0,45761472	0,10570688	1,312	72,555	124,354	87,555	0,005910297
12	14	0,45761472	0,10570688	1,312	79,839	130,905	94,839	0,005490913
13	15	0,36628688	0,08315952	1,176	87,169	137,457	102,169	0,004345885
14	16	0,36628688	0,08315952	1,176	94,545	144,019	109,545	0,004050844
15	17	0,36628688	0,08315952	1,176	101,921	150,553	116,921	0,003782543
							Sc total =	0,121126948

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 7
Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_7 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	3,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	64,499	18,5095	0,00787288
2	4,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	71,430	25,5285	0,007044288
3	5,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	78,298	32,5475	0,006359534
4	6,5	0,46352957	0,10321378	1,383	24,479	85,004	39,479	0,005562735
5	7,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	91,539	46,323	0,005094266
6	8,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	97,987	53,167	0,004684466
7	9,5	0,47326893	0,11049522	1,319	44,929	104,265	59,929	0,004538382
8	10,5	0,47326893	0,11049522	1,319	51,609	110,375	66,609	0,004205275
9	11,5	0,47326893	0,11049522	1,319	58,289	116,405	73,289	0,003905323
10	12,5	0,45761472	0,10570688	1,312	65,271	122,665	80,271	0,003515446
11	13,5	0,45761472	0,10570688	1,312	72,555	129,163	87,555	0,003261583
12	14,5	0,45761472	0,10570688	1,312	79,839	135,605	94,839	0,003032209
13	15,5	0,36628688	0,08315952	1,176	87,169	142,047	102,169	0,002401058
14	16,5	0,36628688	0,08315952	1,176	94,545	148,498	109,545	0,002238815
15	17,5	0,36628688	0,08315952	1,176	101,921	154,921	116,921	0,002091006
							Sc total =	0,065807265

Tahap Timbunan ke-	Rekap Sc Pentahapan (m)	U pada Minggu ke-							
		0	1	2	3	4	5	6	7
		0	32,205	53,505	68,053	78,027	84,878	89,588	92,829
1	0,08237000	0	0,026527167	0,044072308	0,056055142	0,064270965	0,069913906	0,073793669	0,076462992
2	0,19775961	0	0,026527167	0,105811852	0,134581071	0,154306189	0,167854151	0,177168955	0,183577652
3	0,38853109	0	0,026527167	0,105811852	0,264406527	0,303159747	0,329776935	0,34807739	0,360668324
4	0,54815935	0	0,026527167	0,105811852	0,264406527	0,427713129	0,465266006	0,491085216	0,508849143
5	0,685903279	0	0,026527167	0,105811852	0,264406527	0,427713129	0,582180126	0,614487302	0,636715029
6	0,807030227	0	0,026527167	0,105811852	0,264406527	0,427713129	0,582180126	0,72300256	0,749155587
7	0,87283749	0	0,026527167	0,105811852	0,264406527	0,427713129	0,582180126	0,72300256	0,810243609

Grafik *Settlement* Akibat Beban Bertahap



Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 1
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	q ₀ (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	0,5	1	22,0	0,06	88,70	3	1,500	2,9999861
2	1,5	1	22,0	0,17	86,11	3	1,500	2,9996267
3	2,5	1	22,0	0,28	83,53	3	1,499	2,9982880
4	3,5	1	22,0	0,39	80,98	3	1,498	2,9953674
5	4,5	1	22,0	0,49	78,46	3	1,495	2,9903331
6	5,5	1	22,0	0,59	75,99	3	1,491	2,9827443
7	6,5	1	22,0	0,68	73,57	3	1,486	2,9722642
8	7,5	1	22,0	0,76	71,21	3	1,479	2,9586653
9	8,5	1	22,0	0,84	68,92	3	1,471	2,9418288
10	9,5	1	22,0	0,91	66,69	3	1,461	2,9217367
11	10,5	1	22,0	0,97	64,53	3	1,449	2,8984610
12	11,5	1	22,0	1,03	62,45	3	1,436	2,8721487
13	12,5	1	22,0	1,08	60,45	3	1,422	2,8430067
14	13,5	1	22,0	1,12	58,52	3	1,406	2,8112854
15	14,5	1	22,0	1,16	56,67	3	1,389	2,7772642

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 2
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	q ₀ (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	1	1	21,0	0,12	87,28	3	1,500	2,9998729
2	2	1	21,0	0,24	84,57	3	1,499	2,9989912
3	3	1	21,0	0,36	81,89	3	1,498	2,9966384
4	4	1	21,0	0,48	79,24	3	1,496	2,9921714
5	5	1	21,0	0,59	76,64	3	1,493	2,9850480
6	6	1	21,0	0,69	74,09	3	1,487	2,9748466
7	7	1	21,0	0,78	71,60	3	1,481	2,9612757
8	8	1	21,0	0,87	69,19	3	1,472	2,9441750
9	9	1	21,0	0,95	66,85	3	1,462	2,9235069
10	10	1	21,0	1,02	64,59	3	1,450	2,8993436
11	11	1	21,0	1,08	62,41	3	1,436	2,8718489
12	12	1	21,0	1,13	60,31	3	1,421	2,8412588
13	13	1	21,0	1,18	58,30	3	1,404	2,8078614
14	14	1	21,0	1,22	56,37	3	1,386	2,7719788
15	15	1	21,0	1,25	54,52	3	1,367	2,7339501

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 3
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	q ₀ (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	1,5	1	20,0	0,20	85,72	3	1,500	2,9995072
2	2,5	1	20,0	0,33	82,89	3	1,499	2,9977441
3	3,5	1	20,0	0,46	80,10	3	1,497	2,9939127
4	4,5	1	20,0	0,58	77,35	3	1,494	2,9873435
5	5,5	1	20,0	0,70	74,66	3	1,489	2,9775064
6	6,5	1	20,0	0,80	72,04	3	1,482	2,9640264
7	7,5	1	20,0	0,90	69,49	3	1,473	2,9466874
8	8,5	1	20,0	0,99	67,02	3	1,463	2,9254245
9	9,5	1	20,0	1,06	64,64	3	1,450	2,9003074
10	10,5	1	20,0	1,13	62,36	3	1,436	2,8715192
11	11,5	1	20,0	1,19	60,16	3	1,420	2,8393305
12	12,5	1	20,0	1,24	58,06	3	1,402	2,8040755
13	13,5	1	20,0	1,28	56,04	3	1,383	2,7661274
14	14,5	1	20,0	1,31	54,12	3	1,363	2,7258789
15	15,5	1	20,0	1,34	52,29	3	1,342	2,6837244

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 4
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	q ₀ (Kn/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m ²)
1	2	0,8	19,0	0,24	84,01	2,4	1,199	2,3989050
2	3	0,8	19,0	0,36	81,05	2,4	1,198	2,3963619
3	4	0,8	19,0	0,47	78,14	2,4	1,196	2,3915602
4	5	0,8	19,0	0,57	75,29	2,4	1,192	2,3839585
5	6	0,8	19,0	0,66	72,52	2,4	1,187	2,3731661
6	7	0,8	19,0	0,75	69,82	2,4	1,179	2,3589509
7	8	0,8	19,0	0,83	67,22	2,4	1,171	2,3412330
8	9	0,8	19,0	0,90	64,71	2,4	1,160	2,3200691
9	10	0,8	19,0	0,96	62,30	2,4	1,148	2,2956291
10	11	0,8	19,0	1,01	59,99	2,4	1,134	2,2681709
11	12	0,8	19,0	1,05	57,79	2,4	1,119	2,2380134
12	13	0,8	19,0	1,09	55,69	2,4	1,103	2,2055126
13	14	0,8	19,0	1,12	53,68	2,4	1,086	2,1710400
14	15	0,8	19,0	1,14	51,78	2,4	1,067	2,1349661
15	16	0,8	19,0	1,16	49,97	2,4	1,049	2,0976471

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 5
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	2,4	1	18,0	0,39	82,42	4	1,998	3,9963892
2	3,4	1	18,0	0,55	79,33	4	1,995	3,9899352
3	4,4	1	18,0	0,69	76,30	4	1,989	3,9787497
4	5,4	1	18,0	0,83	73,34	4	1,981	3,9619602
5	6,4	1	18,0	0,95	70,47	4	1,970	3,9390109
6	7,4	1	18,0	1,06	67,70	4	1,955	3,9096593
7	8,4	1	18,0	1,16	65,04	4	1,937	3,8739485
8	9,4	1	18,0	1,25	62,49	4	1,916	3,8321622
9	10,4	1	18,0	1,32	60,05	4	1,892	3,7847708
10	11,4	1	18,0	1,38	57,72	4	1,866	3,7323758
11	12,4	1	18,0	1,43	55,51	4	1,838	3,6756570
12	13,4	1	18,0	1,47	53,41	4	1,808	3,6153281
13	14,4	1	18,0	1,50	51,41	4	1,776	3,5521000
14	15,4	1	18,0	1,52	49,53	4	1,743	3,4866541
15	16,4	1	18,0	1,53	47,74	4	1,710	3,4196235

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 6
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	2,9	1	17,0	0,53	80,35	4	1,996	3,9925692
2	3,9	1	17,0	0,69	77,11	4	1,991	3,9823842
3	4,9	1	17,0	0,85	73,96	4	1,983	3,9661769
4	5,9	1	17,0	0,99	70,91	4	1,972	3,9431969
5	6,9	1	17,0	1,11	67,96	4	1,957	3,9130881
6	7,9	1	17,0	1,22	65,14	4	1,938	3,8758581
7	8,9	1	17,0	1,32	62,43	4	1,916	3,8318212
8	9,9	1	17,0	1,40	59,85	4	1,891	3,7815281
9	10,9	1	17,0	1,46	57,41	4	1,863	3,7256926
10	11,9	1	17,0	1,52	55,08	4	1,833	3,6651228
11	12,9	1	17,0	1,56	52,88	4	1,800	3,6006627
12	13,9	1	17,0	1,59	50,81	4	1,767	3,5331467
13	14,9	1	17,0	1,61	48,85	4	1,732	3,4633659
14	15,9	1	17,0	1,63	46,99	4	1,696	3,3920459
15	16,9	1	17,0	1,63	45,25	4	1,660	3,3198351

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 7
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	3,4	0,6	16,0	0,42	78,04	2,4	1,196	2,3912847
2	4,4	0,6	16,0	0,53	74,67	2,4	1,191	2,3817290
3	5,4	0,6	16,0	0,63	71,40	2,4	1,184	2,3675690
4	6,4	0,6	16,0	0,71	68,26	2,4	1,174	2,3484993
5	7,4	0,6	16,0	0,79	65,24	2,4	1,162	2,3245070
6	8,4	0,6	16,0	0,86	62,37	2,4	1,148	2,2958246
7	9,4	0,6	16,0	0,91	59,64	2,4	1,131	2,2628706
8	10,4	0,6	16,0	0,95	57,05	2,4	1,113	2,2261869
9	11,4	0,6	16,0	0,99	54,61	2,4	1,093	2,1863815
10	12,4	0,6	16,0	1,01	52,31	2,4	1,072	2,1440808
11	13,4	0,6	16,0	1,03	50,14	2,4	1,050	2,0998940
12	14,4	0,6	16,0	1,04	48,10	2,4	1,027	2,0543878
13	15,4	0,6	16,0	1,05	46,18	2,4	1,004	2,0080716
14	16,4	0,6	16,0	1,05	44,38	2,4	0,981	1,9613905
15	17,4	0,6	16,0	1,05	42,68	2,4	0,957	1,9147234

Distribusi Tegangan Penimbunan Bertahap Tahap 8
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	a (m)	b (m)	α_1	α_2	qo (Kn/m2)	1/2 $\Delta\sigma'$ (Kn/m2)	$\Delta\sigma'$ (Kn/m2)
1	3,7	0,6	15,0	0,51	76,19	2,4	1,193	2,3866547
2	4,7	0,6	15,0	0,63	72,65	2,4	1,187	2,3737185
3	5,7	0,6	15,0	0,73	69,25	2,4	1,178	2,3553103
4	6,7	0,6	15,0	0,82	66,00	2,4	1,166	2,3312912
5	7,7	0,6	15,0	0,90	62,90	2,4	1,151	2,3018607
6	8,7	0,6	15,0	0,96	59,96	2,4	1,134	2,2674781
7	9,7	0,6	15,0	1,01	57,19	2,4	1,114	2,2287774
8	10,7	0,6	15,0	1,05	54,58	2,4	1,093	2,1864874
9	11,7	0,6	15,0	1,08	52,13	2,4	1,071	2,1413643
10	12,7	0,6	15,0	1,10	49,84	2,4	1,047	2,0941426
11	13,7	0,6	15,0	1,11	47,68	2,4	1,023	2,0455010
12	14,7	0,6	15,0	1,12	45,67	2,4	0,998	1,9960429
13	15,7	0,6	15,0	1,12	43,78	2,4	0,973	1,9462881
14	16,7	0,6	15,0	1,12	42,02	2,4	0,948	1,8966717
15	17,7	0,6	15,0	1,11	40,37	2,4	0,924	1,8475490

Perubahan Distribusi Tegangan Pada U = 100%

Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	Hi (m)	z (m)	Po' (kN/m ²)	σ_1' (kN/m ²)	σ_2' (kN/m ²)	σ_3' (kN/m ²)	σ_4' (kN/m ²)	σ_5' (kN/m ²)	σ_6' (kN/m ²)	σ_7' (kN/m ²)	σ_8' (kN/m ²)
			H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 1,9 m	H = 2,4 m	H = 2,9 m	H = 3,2 m	H = 3,5 m
1	1	0,5	3,5095	6,509	9,509	12,509	14,908	18,904	22,897	25,288	27,675
2	1	1,5	10,5285	13,528	16,527	19,525	21,921	25,911	29,894	32,275	34,649
3	1	2,5	17,5475	20,546	23,542	26,536	28,928	32,907	36,873	39,240	41,596
4	1	3,5	24,4790	27,474	30,467	33,454	35,838	39,800	43,743	46,091	48,423
5	1	4,5	31,3230	34,313	37,298	40,276	42,649	46,588	50,501	52,826	55,128
6	1	5,5	38,1670	41,150	44,125	47,089	49,448	53,357	57,233	59,529	61,796
7	1	6,5	44,9290	47,901	50,863	53,809	56,150	60,024	63,856	66,119	68,348
8	1	7,5	51,6090	54,568	57,512	60,437	62,757	66,589	70,371	72,597	74,784
9	1	8,5	58,2890	61,231	64,154	67,055	69,350	73,135	76,861	79,047	81,188
10	1	9,5	65,2710	68,193	71,092	73,964	76,232	79,964	83,629	85,773	87,867
11	1	10,5	72,5550	75,453	78,325	81,165	83,403	87,078	90,679	92,779	94,824
12	1	11,5	79,8390	82,711	85,552	88,356	90,562	94,177	97,710	99,765	101,761
13	1	12,5	87,1690	90,012	92,820	95,586	97,757	101,309	104,773	106,781	108,727
14	1	13,5	94,5450	97,356	100,128	102,854	104,989	108,476	111,868	113,829	115,726
15	1	14,5	101,9210	104,698	107,432	110,116	112,214	115,633	118,953	120,868	122,715

**Perubahan Distribusi Tegangan Pada $U < 100\%$
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250**

Perubahan Tegangan	Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Sigma \sigma'$
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Tinggi Timbunan	H = 0 m	H = 0,5 m	H = 1 m	H = 1,5 m	H = 1,9 m	H = 2,4 m	H = 2,9 m	H = 3,2 m	H = 3,5 m	
Umur Timbunan		8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu	
U		0,055675226	0,052079405	0,04821616	0,044015131	0,03936833	0,034093974	0,027837613	0,019684165	
1	3,5095	0,122811	0,129767	0,126539	0,096970	0,140041	0,123902	0,063404	0,044933	4,357865
2	10,5285	0,147976	0,141809	0,133363	0,099743	0,144786	0,126609	0,063861	0,045118	11,431764
3	17,5475	0,154789	0,146198	0,136280	0,100980	0,147134	0,127922	0,063933	0,045050	18,469786
4	24,4790	0,157834	0,148314	0,137717	0,101514	0,148247	0,128396	0,063728	0,044788	25,409538
5	31,3230	0,159417	0,149390	0,138377	0,101622	0,148582	0,128281	0,063303	0,044369	32,256342
6	38,1670	0,160231	0,149856	0,138536	0,101422	0,148357	0,127717	0,062696	0,043820	39,099635
7	44,9290	0,160524	0,149876	0,138302	0,100965	0,147674	0,126775	0,061932	0,043162	45,858212
8	51,6090	0,160425	0,149542	0,137747	0,100290	0,146610	0,125518	0,061038	0,042416	52,532586
9	58,2890	0,160007	0,148912	0,136919	0,099425	0,145228	0,123999	0,060037	0,041601	59,205129
10	65,2710	0,159327	0,148035	0,135860	0,098399	0,143589	0,122273	0,058955	0,040736	66,178173
11	72,5550	0,158405	0,146931	0,134594	0,097231	0,141727	0,120374	0,057808	0,039835	73,451905
12	79,8390	0,157253	0,145614	0,133137	0,095936	0,139669	0,118329	0,056613	0,038910	80,724461
13	87,1690	0,155898	0,144113	0,131516	0,094536	0,137456	0,116173	0,055386	0,037973	88,042051
14	94,5450	0,154363	0,142450	0,129758	0,093051	0,135121	0,113937	0,054140	0,037033	95,404853
15	101,9210	0,152670	0,140650	0,127885	0,091498	0,132693	0,111646	0,052889	0,036098	102,767027

Kenaikan Harga Cu***Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250***

Kedalaman (m)	PI	Cu Lama (kN/m2)	Cu Baru (kN/m2)	2/3 Cu Baru (kN/m2)	Cu rata-rata (kN/m2)
1	27,86	51,27	13,691	9,127255282	15,96
2	27,86	51,27	23,951	15,96749837	
3	27,86	51,27	34,160	22,7730502	
4	27,19	48,43	44,499	29,66630548	36,34
5	27,19	48,43	54,504	36,33619278	
6	27,19	48,43	64,504	43,00265965	
7	30,18	57,26	72,172	48,11488727	54,40
8	30,18	57,26	81,604	54,40260113	
9	30,18	57,26	91,033	60,68859068	
10	30,16	69,85	100,908	67,27187859	74,125
11	30,16	69,85	111,189	74,12579018	
12	30,16	69,85	121,468	80,9785941	
13	21,33	72,44	144,327	96,21804626	103,85
14	21,33	72,44	155,781	103,8536991	
15	21,33	72,44	167,233	111,4887012	

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 1
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_1 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	0,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	6,509	18,5095	0,012099614
2	1,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	13,528	25,5285	0,004909772
3	2,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	20,546	32,5475	0,003089491
4	3,5	0,49156533	0,10954082	1,429	24,4790	27,474	39,479	0,002260899
5	4,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	34,313	46,323	0,001715157
6	5,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	41,150	53,167	0,001415415
7	6,5	0,46352957	0,10321378	1,383	44,9290	47,901	59,929	0,001204964
8	7,5	0,46352957	0,10321378	1,383	51,6090	54,568	66,609	0,001048593
9	8,5	0,46352957	0,10321378	1,383	58,2890	61,231	73,289	0,000926175
10	9,5	0,46352957	0,10321378	1,383	65,2710	68,193	80,271	0,000823712
11	10,5	0,46352957	0,10321378	1,383	72,5550	75,453	87,555	0,000736825
12	11,5	0,46352957	0,10321378	1,383	79,8390	82,711	94,839	0,000664803
13	12,5	0,46352957	0,10321378	1,383	87,1690	90,012	102,169	0,000603707
14	13,5	0,46352957	0,10321378	1,383	94,5450	97,356	109,545	0,000551171
15	14,5	0,46352957	0,10321378	1,383	101,9210	104,698	116,921	0,000505709
							Sc total =	0,032556006

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 2
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_2 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	1	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	9,509	18,5095	0,007423185
2	2	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	16,527	25,5285	0,003921618
3	3	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	23,542	32,5475	0,002666519
4	4	0,49156533	0,10954082	1,429	24,4790	30,467	39,479	0,002024652
5	5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	37,298	46,323	0,001569087
6	6	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	44,125	53,167	0,001312957
7	7	0,46352957	0,10321378	1,383	44,9290	50,863	59,929	0,001128338
8	8	0,46352957	0,10321378	1,383	51,6090	57,512	66,609	0,000988474
9	9	0,46352957	0,10321378	1,383	58,2890	64,154	73,289	0,000877333
10	10	0,46352957	0,10321378	1,383	65,2710	71,092	80,271	0,000783225
11	11	0,46352957	0,10321378	1,383	72,5550	78,325	87,555	0,000702657
12	12	0,46352957	0,10321378	1,383	79,8390	85,552	94,839	0,000635316
13	13	0,46352957	0,10321378	1,383	87,1690	92,820	102,169	0,000577811
14	14	0,46352957	0,10321378	1,383	94,5450	100,128	109,545	0,000528096
15	15	0,46352957	0,10321378	1,383	101,9210	107,432	116,921	0,000484886
							Sc total =	0,025624156

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 3
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_{o} (kN/m ²)	σ'_{3} (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	1,5	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	12,509	18,5095	0,005369561
2	2,5	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	19,525	25,5285	0,003264616
3	3,5	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	26,536	32,5475	0,002344588
4	4,5	0,49156533	0,10954082	1,429	24,4790	33,454	39,479	0,001831997
5	5,5	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	40,276	46,323	0,001444696
6	6,5	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	47,089	53,167	0,00122294
7	7,5	0,46352957	0,10321378	1,383	44,9290	53,809	59,929	0,001059369
8	8,5	0,46352957	0,10321378	1,383	51,6090	60,437	66,609	0,000933279
9	9,5	0,46352957	0,10321378	1,383	58,2890	67,055	73,289	0,000831724
10	10,5	0,46352957	0,10321378	1,383	65,2710	73,964	80,271	0,000744838
11	11,5	0,46352957	0,10321378	1,383	72,5550	81,165	87,555	0,000669817
12	12,5	0,46352957	0,10321378	1,383	79,8390	88,356	94,839	0,000606643
13	13,5	0,46352957	0,10321378	1,383	87,1690	95,586	102,169	0,000552379
14	14,5	0,46352957	0,10321378	1,383	94,5450	102,854	109,545	0,000505245
15	15,5	0,46352957	0,10321378	1,383	101,9210	110,116	116,921	0,000464122
							Sc total =	0,021845815

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 4
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_4 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	2	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	14,908	18,5095	0,003436162
2	3	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	21,921	25,5285	0,002267338
3	4	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	28,928	32,5475	0,001690053
4	5	0,49156533	0,10954082	1,429	24,4790	35,838	39,479	0,001348191
5	6	0,46352957	0,10321378	1,383	31,3230	42,649	46,323	0,001076935
6	7	0,46352957	0,10321378	1,383	38,1670	49,448	53,167	0,000919482
7	8	0,46352957	0,10321378	1,383	44,9290	56,150	59,929	0,000801133
8	9	0,46352957	0,10321378	1,383	51,6090	62,757	66,609	0,000708579
9	10	0,46352957	0,10321378	1,383	58,2890	69,350	73,289	0,0006332
10	11	0,46352957	0,10321378	1,383	65,2710	76,232	80,271	0,000568172
11	12	0,46352957	0,10321378	1,383	72,5550	83,403	87,555	0,000511651
12	13	0,46352957	0,10321378	1,383	79,8390	90,562	94,839	0,000463772
13	14	0,46352957	0,10321378	1,383	87,1690	97,757	102,169	0,00042246
14	15	0,46352957	0,10321378	1,383	94,5450	104,989	109,545	0,000386454
15	16	0,46352957	0,10321378	1,383	101,9210	112,214	116,921	0,000354957
							Sc total =	0,015588541

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 5
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ_o (kN/m ²)	σ_5' (kN/m ²)	σ_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	2,4	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	18,904	18,5095	0,006092602
2	3,4	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	25,911	25,5285	0,004291291
3	4,4	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	32,907	32,5475	0,003273521
4	5,4	0,49156533	0,10954082	1,429	24,479	39,800	39,479	0,002606468
5	6,4	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	46,588	46,323	0,002036376
6	7,4	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	53,357	53,167	0,001665937
7	8,4	0,46352957	0,10321378	1,383	44,929	60,024	59,929	0,001359422
8	9,4	0,46352957	0,10321378	1,383	51,609	66,589	66,609	0,001095688
9	10,4	0,46352957	0,10321378	1,383	58,289	73,135	73,289	0,000861449
10	11,4	0,46352957	0,10321378	1,383	65,271	79,964	80,271	0,000647632
11	12,4	0,46352957	0,10321378	1,383	72,555	87,078	87,555	0,000452755
12	13,4	0,46352957	0,10321378	1,383	79,839	94,177	94,839	0,000276579
13	14,4	0,46352957	0,10321378	1,383	87,169	101,309	102,169	0,000116376
14	15,4	0,46352957	0,10321378	1,383	94,545	108,476	109,545	-2,95612E-05
15	16,4	0,46352957	0,10321378	1,383	101,921	115,633	116,921	-0,000162604
							Sc total =	0,02458393

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 6
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_1 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	2,9	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	22,897	18,5095	0,016840729
2	3,9	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	29,894	25,5285	0,012565485
3	4,9	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	36,873	32,5475	0,01000186
4	5,9	0,49156533	0,10954082	1,429	24,479	43,743	39,479	0,008302909
5	6,9	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	50,501	46,323	0,006813208
6	7,9	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	57,233	53,167	0,005923746
7	8,9	0,46352957	0,10321378	1,383	44,929	63,856	59,929	0,005227669
8	9,9	0,46352957	0,10321378	1,383	51,609	70,371	66,609	0,004666057
9	10,9	0,46352957	0,10321378	1,383	58,289	76,861	73,289	0,004197445
10	11,9	0,46352957	0,10321378	1,383	65,271	83,629	80,271	0,003785847
11	12,9	0,46352957	0,10321378	1,383	72,555	90,679	87,555	0,003422805
12	13,9	0,46352957	0,10321378	1,383	79,839	97,710	94,839	0,003111223
13	14,9	0,46352957	0,10321378	1,383	87,169	104,773	102,169	0,002839669
14	15,9	0,46352957	0,10321378	1,383	94,545	111,868	109,545	0,002601138
15	16,9	0,46352957	0,10321378	1,383	101,921	118,953	116,921	0,002391171
							Sc total =	0,092690961

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 7
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

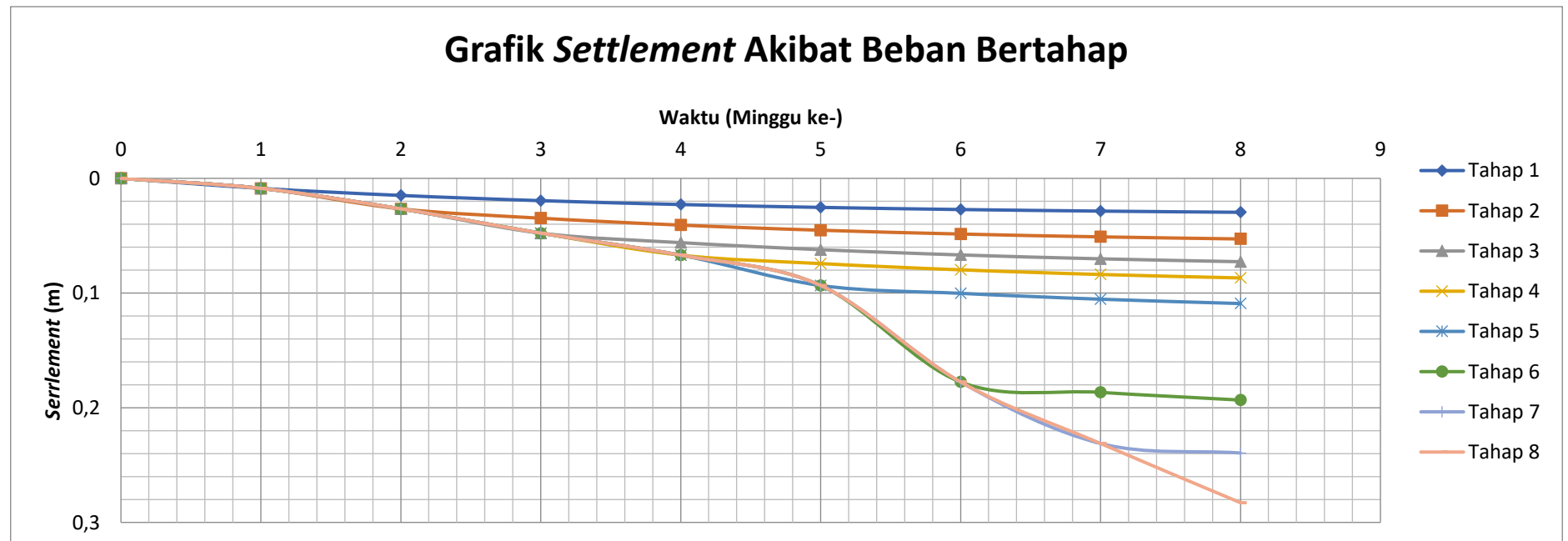
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	σ'_o (kN/m ²)	σ'_1 (kN/m ²)	σ'_c (kN/m ²)	Sc (m)
1	3,4	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	25,288	18,5095	0,008730652
2	4,4	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	32,275	25,5285	0,006737525
3	5,4	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	39,240	32,5475	0,005469539
4	6,4	0,49156533	0,10954082	1,429	24,479	46,091	39,479	0,004596363
5	7,4	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	52,826	46,323	0,003801533
6	8,4	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	59,529	53,167	0,003322469
7	9,4	0,46352957	0,10321378	1,383	44,929	66,119	59,929	0,002941781
8	10,4	0,46352957	0,10321378	1,383	51,609	72,597	66,609	0,002631024
9	11,4	0,46352957	0,10321378	1,383	58,289	79,047	73,289	0,002369486
10	12,4	0,46352957	0,10321378	1,383	65,271	85,773	80,271	0,002138513
11	13,4	0,46352957	0,10321378	1,383	72,555	92,779	87,555	0,001933961
12	14,4	0,46352957	0,10321378	1,383	79,839	99,765	94,839	0,001757733
13	15,4	0,46352957	0,10321378	1,383	87,169	106,781	102,169	0,001603765
14	16,4	0,46352957	0,10321378	1,383	94,545	113,829	109,545	0,001468307
15	17,4	0,46352957	0,10321378	1,383	101,921	120,868	116,921	0,001348951

Sc total = 0,050851603

Perhitungan Pemampatan Penimbunan Bertahap Tahap 8
Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250

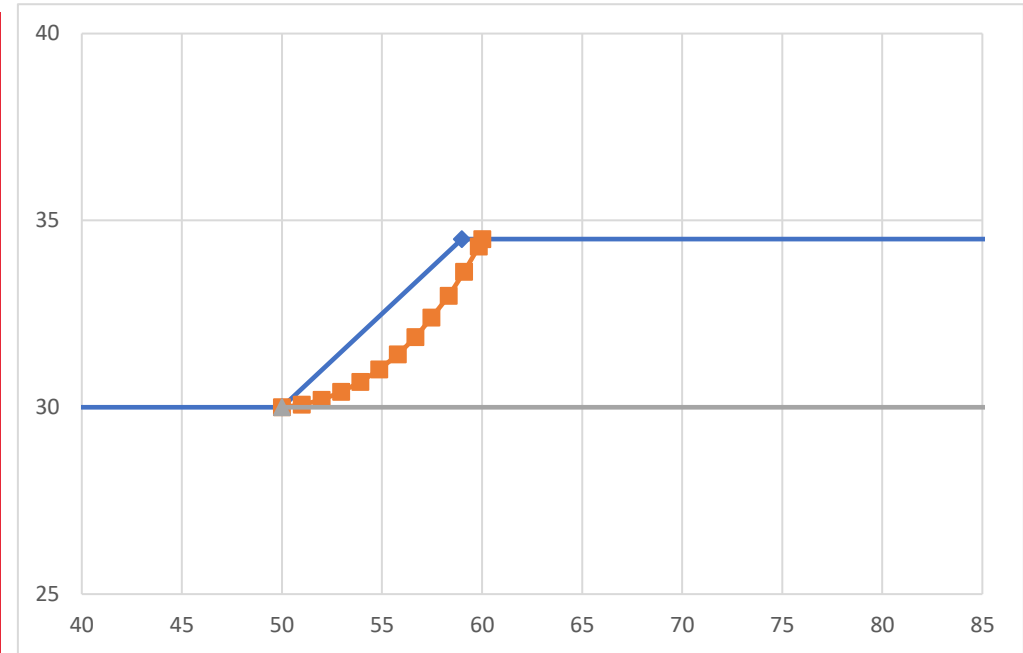
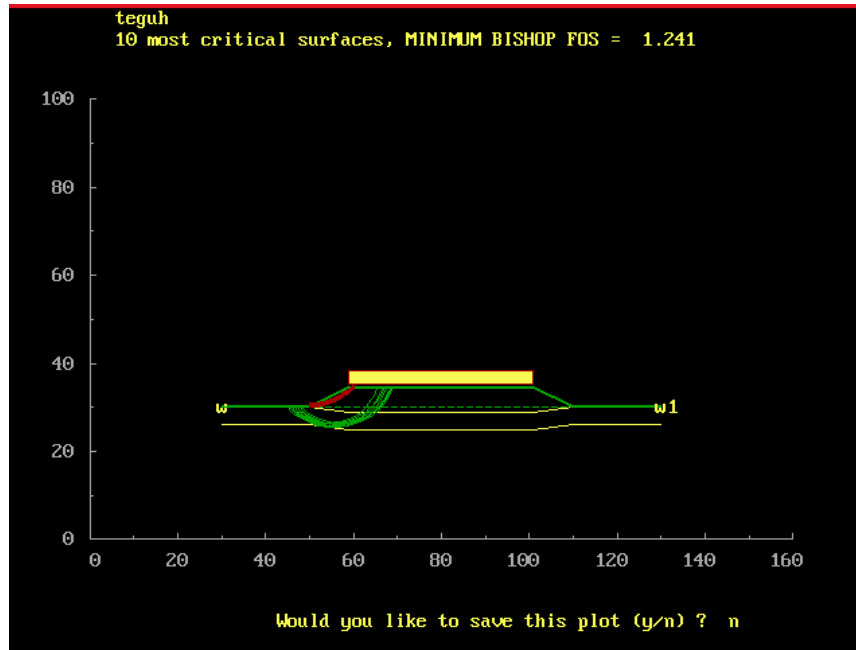
Kedalaman (m)	z (m)	Cc	Cs	e	$\sigma'o$ (kN/m2)	$\sigma 8'$ (kN/m2)	$\sigma'c$ (kN/m2)	Sc (m)
1	3,7	0,49156533	0,10954082	1,429	3,5095	27,675	18,5095	0,007926508
2	4,7	0,49156533	0,10954082	1,429	10,5285	34,649	25,5285	0,006237289
3	5,7	0,49156533	0,10954082	1,429	17,5475	41,596	32,5475	0,005123111
4	6,7	0,49156533	0,10954082	1,429	24,479	48,423	39,479	0,004336658
5	7,7	0,46352957	0,10321378	1,383	31,323	55,128	46,323	0,003603107
6	8,7	0,46352957	0,10321378	1,383	38,167	61,796	53,167	0,003157985
7	9,7	0,46352957	0,10321378	1,383	44,929	68,348	59,929	0,002800648
8	10,7	0,46352957	0,10321378	1,383	51,609	74,784	66,609	0,002506717
9	11,7	0,46352957	0,10321378	1,383	58,289	81,188	73,289	0,002258006
10	12,7	0,46352957	0,10321378	1,383	65,271	87,867	80,271	0,002037714
11	13,7	0,46352957	0,10321378	1,383	72,555	94,824	87,555	0,001842232
12	14,7	0,46352957	0,10321378	1,383	79,839	101,761	94,839	0,001673483
13	15,7	0,46352957	0,10321378	1,383	87,169	108,727	102,169	0,001525894
14	16,7	0,46352957	0,10321378	1,383	94,545	115,726	109,545	0,001395992
15	17,7	0,46352957	0,10321378	1,383	101,921	122,715	116,921	0,001281518
							Sc total =	0,047706861

Tahap Timbunan ke-	Rekap Sc Pentahapan (m)	U pada Minggu ke-								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		0	26,734	45,698	59,677	70,029	77,709	83,413	87,654	90,808
1	0,03255601	0	0,00870346	0,014877517	0,019428603	0,022798509	0,025298788	0,02715599	0,028536559	0,029563374
2	0,05818016	0	0,00870346	0,026587302	0,034720453	0,040742741	0,045210939	0,048529905	0,050997092	0,052832091
3	0,080025977	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,056041055	0,062186997	0,066752187	0,070145767	0,072669782
4	0,095614518	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,066957489	0,07430062	0,07975508	0,083809707	0,086825385
5	0,120198448	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,066957489	0,093404427	0,10026131	0,105358443	0,109149496
6	0,212889409	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,066957489	0,093404427	0,177577759	0,186605543	0,193320064
7	0,263741012	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,066957489	0,093404427	0,177577759	0,231178878	0,239497257
8	0,31144787	0	0,00870346	0,026587302	0,047757485	0,066957489	0,093404427	0,177577759	0,231178878	0,28281878



Lampiran 5

Koordinat Kelongsoran Dari Hasil Analisis Dengan Program XSTABL Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000



The most critical circular failure surface
is specified by 13 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	50.00	30.00
2	51.00	30.07
3	51.99	30.20
4	52.97	30.41
5	53.93	30.68
6	54.87	31.01
7	55.79	31.41
8	56.67	31.88
9	57.53	32.40
10	58.34	32.98
11	59.11	33.62
12	59.84	34.30
13	60.02	34.50

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord (m)	Circle Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.241	49.53	44.47	14.47	50.00	60.02	1.585E+03
2.	1.294	55.40	39.79	14.28	45.00	68.66	9.115E+03
3.	1.296	55.70	39.45	13.86	45.56	68.64	8.663E+03
4.	1.297	55.57	39.31	13.67	45.56	68.36	8.464E+03
5.	1.318	56.46	39.09	13.36	46.67	69.01	8.142E+03
6.	1.330	55.53	40.20	14.27	45.56	68.61	8.931E+03
7.	1.333	55.80	37.92	11.67	47.22	66.95	6.425E+03
8.	1.343	54.46	37.78	11.41	46.11	65.39	6.163E+03
9.	1.347	56.36	37.88	11.65	47.78	67.50	6.421E+03
10.	1.381	56.13	37.38	10.73	48.33	66.45	5.539E+03

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Geotextile
Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

Mencari Nilai Momen Pendorong (M_D)

$$1. \quad M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF}$$

$$M_D = \frac{1585}{1,241} = 1277,2 \text{ kNm}$$

2. Mencari Nilai Momen Penahan Rencana ($M_{R-rencana}$)

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 1277,2 \times 1,5$$

$$M_{R-rencana} = 1915,8 \text{ kNm}$$

3. Mencari Nilai Penambahan Momen Penahan (ΔM_R)

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 1915,8 - 1277,2$$

$$\Delta M_R = 330,79 \text{ kNm}$$

4. Menghitung Panjang Total Geotextile

Rekapitulasi Perhitungan L_E dan L_o

Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

							1	lapis		
Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	Σ Mgeotextile (kNm)	Le (m)	Lo (m)
1	0,25	4,50	14,47	83,250	48,064	20,855	160,778	160,778	0,302	0,151
2	0,25	4,25	14,22	78,625	45,394	45,394	158,000	318,778	0,229	0,115
3	0,25	4,00	13,97	74,000	42,724	42,724	155,222	474,000	0,244	0,122

Rekapitulasi Perhitungan L_R

Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

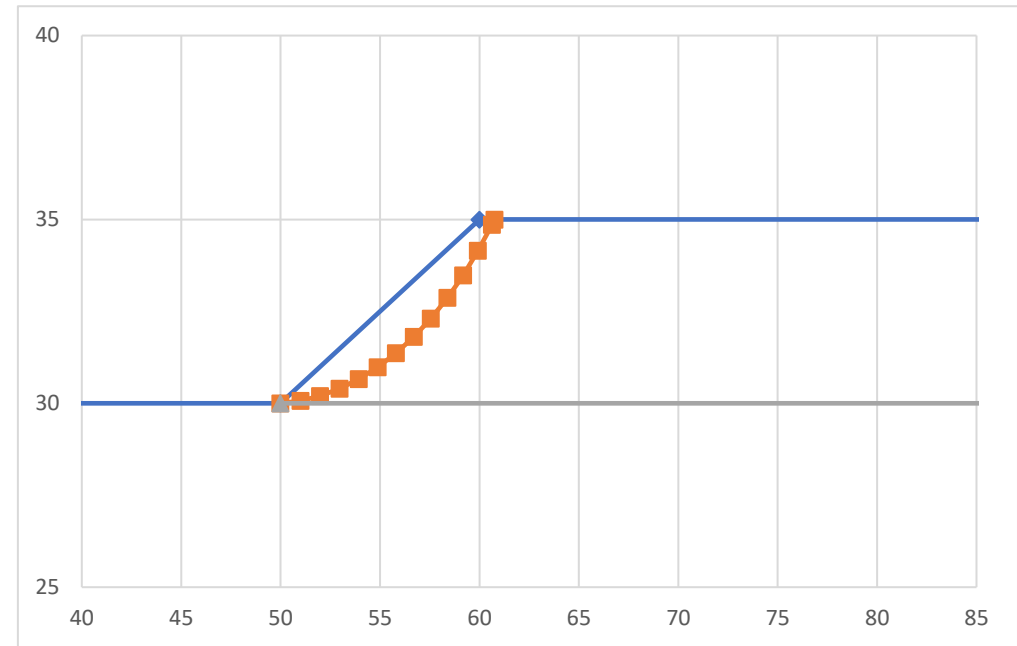
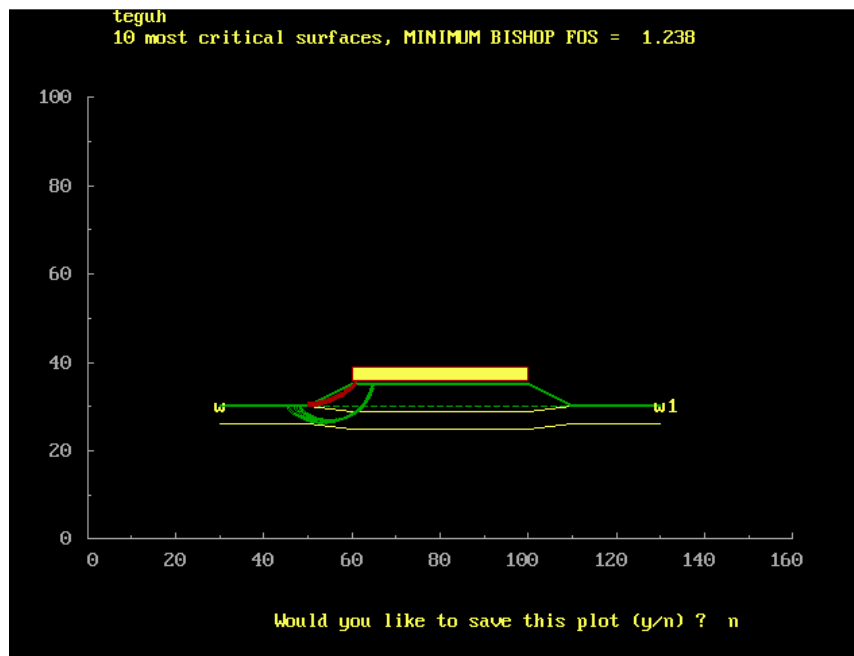
Y geotextile (m)	Koordinat Geotextile Depan Kelongsoran (m)	Koordinat Tepi Timbunan (m)	Lr (m)
	x	x	
30	50,8	50	0,8
30,25	52,2	50,5	1,7
30,5	53,4	51	2,4

Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile

Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

Le pakai (m)	Lo pakai (m)	Lr pakai (m)	L pakai (m)
1	1	1	3,3
1	1	2	4,0
1	1	2	4,7
		$\Sigma_{total} =$	12

Koordinat Kelongsoran Dari Hasil Analisis Dengan Program XSTABL
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250



The most critical circular failure surface
 is specified by 14 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	50.00	30.00
2	51.00	30.07
3	51.99	30.20
4	52.97	30.40
5	53.93	30.66
6	54.88	30.98
7	55.80	31.37
8	56.70	31.81
9	57.56	32.31
10	58.39	32.87
11	59.18	33.48
12	59.93	34.15
13	60.64	34.86
14	60.76	35.00

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius	Initial	Terminal	Resisting
		x-coord (m)	y-coord (m)	(m)	x-coord (m)	x-coord (m)	Moment (kN-m)
1.	1.238	49.49	45.20	15.21	50.00	60.76	1.815E+03
2.	1.304	54.56	37.19	10.68	46.67	65.01	5.739E+03
3.	1.315	53.89	37.64	11.30	45.56	64.87	6.335E+03
4.	1.321	53.84	37.58	11.23	45.56	64.76	6.274E+03
5.	1.326	53.57	37.94	11.69	45.00	64.88	6.719E+03
6.	1.328	55.49	36.45	9.64	48.33	65.01	4.827E+03
7.	1.333	55.01	36.52	9.73	47.78	64.62	4.915E+03
8.	1.341	54.58	36.70	9.95	47.22	64.38	5.100E+03
9.	1.360	53.73	38.22	11.59	45.56	64.86	6.558E+03
10.	1.361	54.99	37.34	10.29	47.78	65.00	5.340E+03

*** END OF FILE ***

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Geotextile
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250

Mencari Nilai Momen Pendorong (M_D)

- $$M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF}$$

$$M_D = \frac{1815}{1,238} = 1466,1 \text{ kNm}$$
- Mencari Nilai Momen Penahan Rencana ($M_{R-rencana}$)

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 1466,1 \times 1,5$$

$$M_{R-rencana} = 2199,1 \text{ kNm}$$
- Mencari Nilai Penambahan Momen Penahan (ΔM_R)

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 2199,1 - 1466,1$$

$$\Delta M_R = 384,11 \text{ kNm}$$
- Menghitung Panjang Total Geotextile

Rekapitulasi Perhitungan L_E dan L_o

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250

							1	lapis		
Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	$\Sigma M_{geotextile}$ (kNm)	Le (m)	Lo (m)
1	0,25	5,00	15,2	92,500	53,405	20,855	168,889	168,889	0,281	0,140
2	0,25	4,75	14,95	87,875	50,735	50,735	166,111	335,000	0,205	0,103
3	0,25	4,50	14,7	83,250	48,064	48,064	163,333	498,333	0,217	0,108

Rekapitulasi Perhitungan L_R

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250

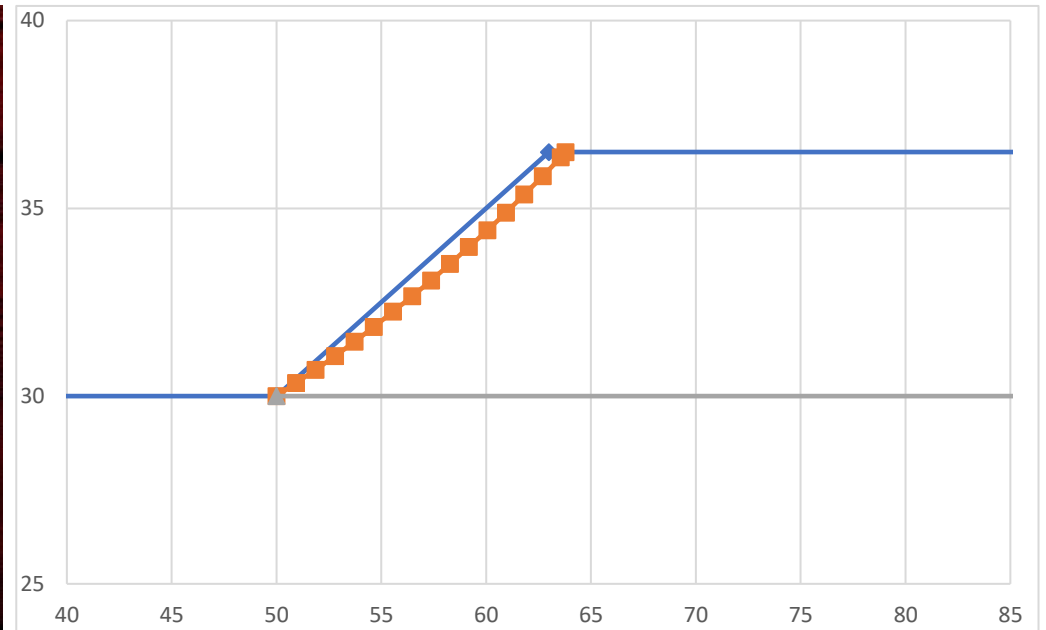
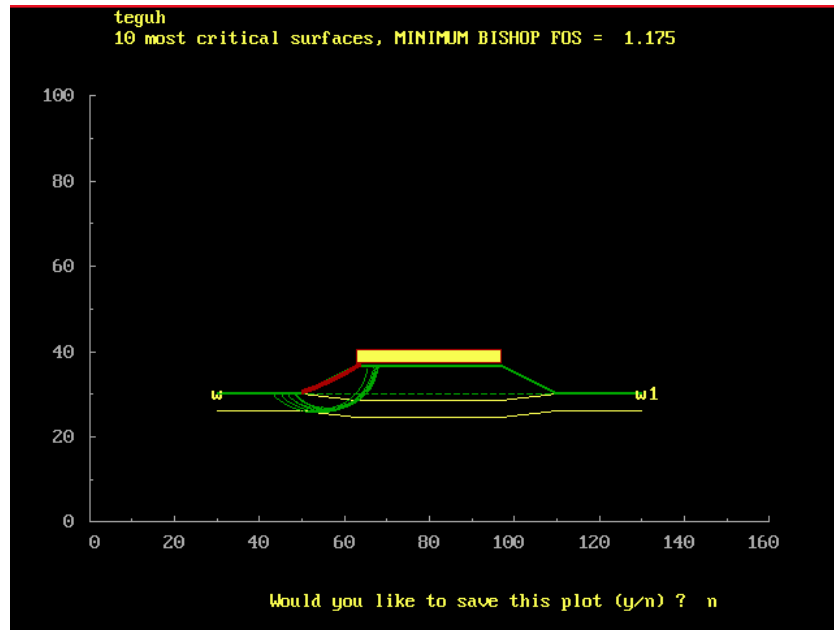
Y geotextile (m)	Koordinat Geotextile Depan Kelongsoran (m)	Koordinat Tepi Timbunan (m)	Lr (m)
	x	x	
30	51	50	1
30,25	52,4	50,5	1,9
30,5	53,4	51	2,4

Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250

Le pakai (m)	Lo pakai (m)	Lr pakai (m)	L pakai (m)
1	1	1	3,3
1	1	2	4,2
1	1	2	4,7
		$\Sigma_{total} =$	12

Koordinat Kelongsoran Dari Hasil Analisis Dengan Program XSTABL
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500



Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	50.00	30.00
2	50.94	30.35
3	51.87	30.70
4	52.80	31.07
5	53.73	31.45
6	54.65	31.84
7	55.56	32.25
8	56.47	32.66
9	57.38	33.08
10	58.28	33.52
11	59.17	33.97
12	60.06	34.42
13	60.95	34.89
14	61.82	35.37
15	62.70	35.86
16	63.56	36.36
17	63.79	36.50

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Circle Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.175	22.11	107.09	81.98	50.00	63.79	5.370E+03
2.	1.176	55.70	38.33	12.29	46.67	67.84	8.461E+03
3.	1.188	55.57	38.25	12.14	46.67	67.58	8.285E+03
4.	1.199	56.69	37.66	11.34	48.33	67.96	7.423E+03
5.	1.201	54.38	38.68	12.78	45.00	66.96	8.893E+03
6.	1.206	56.66	37.81	11.42	48.33	68.00	7.517E+03
7.	1.215	55.19	38.02	11.70	46.67	66.78	7.648E+03
8.	1.227	53.78	40.44	14.76	43.33	68.00	1.159E+04
9.	1.251	56.24	38.10	11.32	48.33	67.45	7.339E+03
10.	1.261	54.63	37.29	10.80	46.67	65.40	6.480E+03

*** END OF FILE ***

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Geotextile
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500

Mencari Nilai Momen Pendorong (M_D)

$$1. \quad M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF}$$

$$M_D = \frac{5370}{1,175} = 4570 \text{ kNm}$$

2. Mencari Nilai Momen Penahan Rencana ($M_{R-rencana}$)

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 4570 \times 1,5$$

$$M_{R-rencana} = 6855,32 \text{ kNm}$$

3. Mencari Nilai Penambahan Momen Penahan (ΔM_R)

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 6855,32 - 4570$$

$$\Delta M_R = 1485,32 \text{ kNm}$$

4. Menghitung Panjang Total Geotextile

Rekapitulasi Perhitungan L_E dan L_o

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500

							1	lapis		
Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	$\Sigma M_{geotextile}$ (kNm)	Le (m)	Lo (m)
1	0,25	6,50	77,09	120,250	69,426	22,420	856,556	856,556	0,227	0,113
2	0,25	6,25	76,84	115,625	66,756	66,756	853,778	1710,333	0,156	0,078

Rekapitulasi Perhitungan L_R

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500

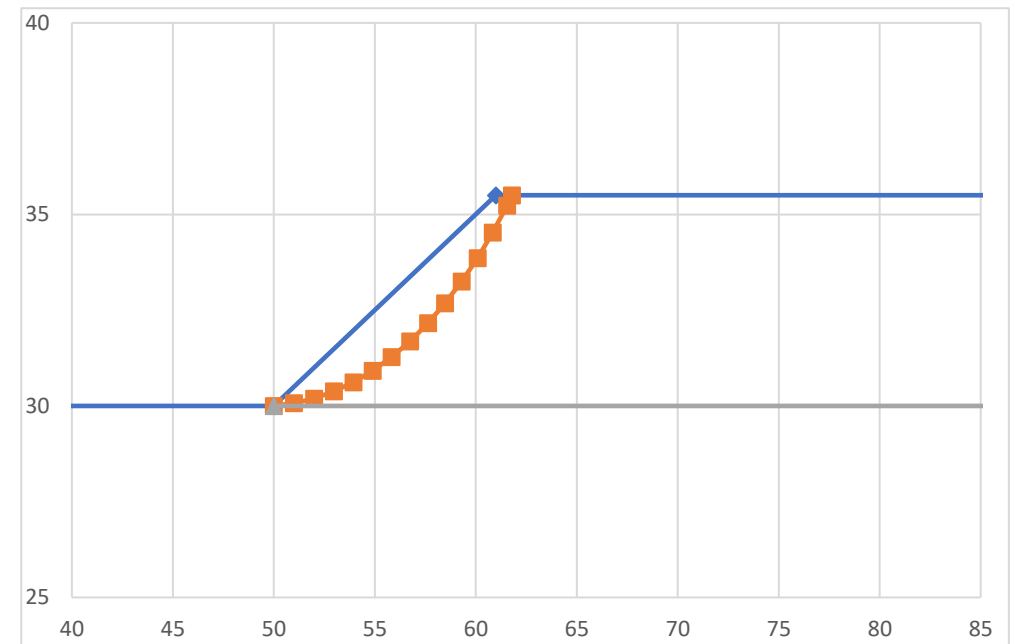
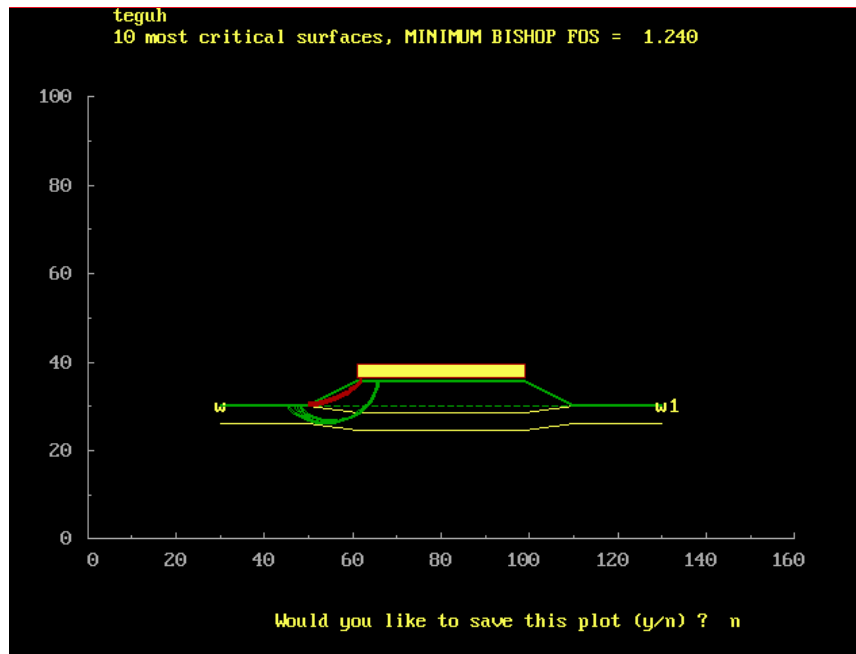
Y geotextile (m)	Koordinat Geotextile Depan Kelongsoran (m)	Koordinat Tepi Timbunan (m)	Lr (m)
	x	x	
30	50,2	50	0,2
30,25	50,8	50,5	0,3

Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500

Lembar Geotextile	Le pakai (m)	Lo pakai (m)	Lr pakai (m)	Ltotal pakai (m)
1	1	1	1	3,3
2	1	1	1	3,3
			$\Sigma_{total} =$	7

Koordinat Kelongsoran Dari Hasil Analisis Dengan Program XSTABL
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800



The most critical circular failure surface
 is specified by 15 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	50.00	30.00
2	51.00	30.07
3	51.99	30.19
4	52.97	30.38
5	53.94	30.62
6	54.90	30.92
7	55.83	31.28
8	56.74	31.69
9	57.63	32.16
10	58.48	32.68
11	59.30	33.25
12	60.09	33.86
13	60.84	34.53
14	61.55	35.23
15	61.78	35.50

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : teguh

	FOS (BISHOP)	Circle Center		Radius	Initial	Terminal	Resisting
		x-coord (m)	y-coord (m)	(m)	x-coord (m)	x-coord (m)	Moment (kN-m)
1.	1.240	49.38	46.71	16.73	50.00	61.78	2.357E+03
2.	1.260	54.97	37.59	11.25	46.67	66.01	6.646E+03
3.	1.267	54.29	38.04	11.87	45.56	65.88	7.291E+03
4.	1.272	54.25	37.99	11.80	45.56	65.78	7.225E+03
5.	1.275	53.97	38.34	12.25	45.00	65.87	7.685E+03
6.	1.284	55.90	36.86	10.21	48.33	66.01	5.652E+03
7.	1.288	55.43	36.94	10.33	47.78	65.65	5.768E+03
8.	1.295	55.00	37.13	10.55	47.22	65.42	5.982E+03
9.	1.312	54.11	38.64	12.16	45.56	65.86	7.543E+03
10.	1.323	55.38	37.77	10.87	47.78	66.00	6.257E+03

*** END OF FILE ***

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Geotextile
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800

Mencari Nilai Momen Pendorong (M_D)

$$5. \quad M_D = \frac{M_{Rmin}}{SF}$$

$$M_D = \frac{2357}{1,24} = 1900,81 \text{ kNm}$$

6. Mencari Nilai Momen Penahan Rencana ($M_{R-rencana}$)

$$M_{R-rencana} = M_D \times SF - rencana$$

$$M_{R-rencana} = 1900,81 \times 1,5$$

$$M_{R-rencana} = 2851,21 \text{ kNm}$$

7. Mencari Nilai Penambahan Momen Penahan (ΔM_R)

$$\Delta M_R = M_{R-rencana} - M_{R-minimum}$$

$$\Delta M_R = 2851,21 - 2357$$

$$\Delta M_R = 494,2097 \text{ kNm}$$

8. Menghitung Panjang Total Geotextile

Rekapitulasi Perhitungan L_E dan L_o

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800

							1	lapis		
Lapisan	Sv	Hi (m)	Ti (m)	$\alpha'v$ (kN/m ²)	τ_1 (kN/m ²)	τ_2 (kN/m ²)	Mgeotextile (kNm)	$\Sigma M_{geotextile}$ (kNm)	Le (m)	Lo (m)
1	0,25	5,50	16,71	101,750	58,745	21,460	185,667	185,667	0,260	0,130
2	0,25	5,25	16,46	97,125	56,075	56,075	182,889	368,556	0,186	0,093
3	0,25	5,00	16,21	92,500	53,405	53,405	180,111	548,667	0,195	0,098

Rekapitulasi Perhitungan L_R

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800

Y geotextile (m)	Koordinat Geotextile Depan Kelongsoran (m)	Koordinat Tepi Timbunan (m)	Lr (m)
	x	x	
30	50,6	50	0,6
30,25	52,3	50,5	1,8
30,5	53,5	51	2,5

Rekapitulasi Perhitungan Panjang Total Geotextile

Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800

Le pakai (m)	Lo pakai (m)	Lr pakai (m)	L pakai (m)
1	1	1	3,3
1	1	2	4,1
1	1	3	4,8
		$\Sigma_{total} =$	12

Lampiran 6

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Tiang Pancang Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000

$$\begin{aligned} \text{Cu' tanah dasar} &= 20,85 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,2085 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1. Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times \text{Cu} \\ &= 2 \times 0,2085 \\ &= 0,4171 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0,4171/0,977 = 0,4269 \text{ ton/ft}^2 \\ &\rightarrow f = 4,2 \text{ ton/ft}^3 \end{aligned}$$

$$f = 4,2 \text{ ton/ft}^3 \rightarrow 4,2 \times 0,032 = 0,1344 \text{ kg/cm}^3$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left(\frac{297254 \times 306796}{0,1344}\right)^{\frac{1}{5}} = 232,44 \text{ cm}$$

2. $L = 300 \text{ cm} \sim 3 \text{ m}$

$$\frac{L}{T} = \frac{300 \text{ cm}}{232,44 \text{ cm}} = 1,29 \rightarrow \text{didapatkan nilai } F_m = 1,3$$

$$M_{p\max} = M_{\text{cr-cerucuk}} = 17 \text{ kN-m} \rightarrow 1700000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\max-1} = \frac{1700000}{1,3 \times 232,44} = 5625,872 \text{ kg} = 56,259 \text{ kN}$$

3. Menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan

$$\text{Jika, } n\text{-asumsi} = 1$$

$$F_{kg} = 2,3 \times Y_t \times Y_d \times Y_s \times Y_n$$

$$Y_t = 0,19$$

$$F_{kg} = 2,3 \times 0,19 \times 1,7 \times 0,995 \times 1,004 = 0,742$$

$$Y_d = 1,7$$

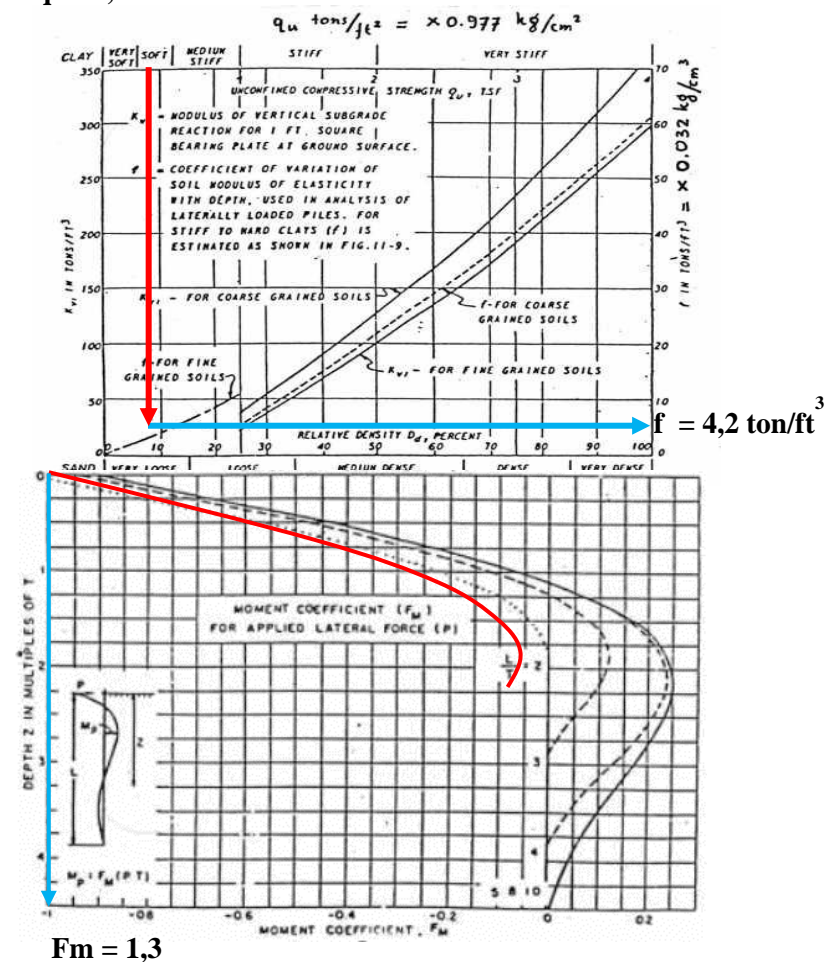
$$Y_s = 0,995$$

$$P_{\max_2} = P_{\max_1} \times F_{kg}$$

$$Y_n = 1,004$$

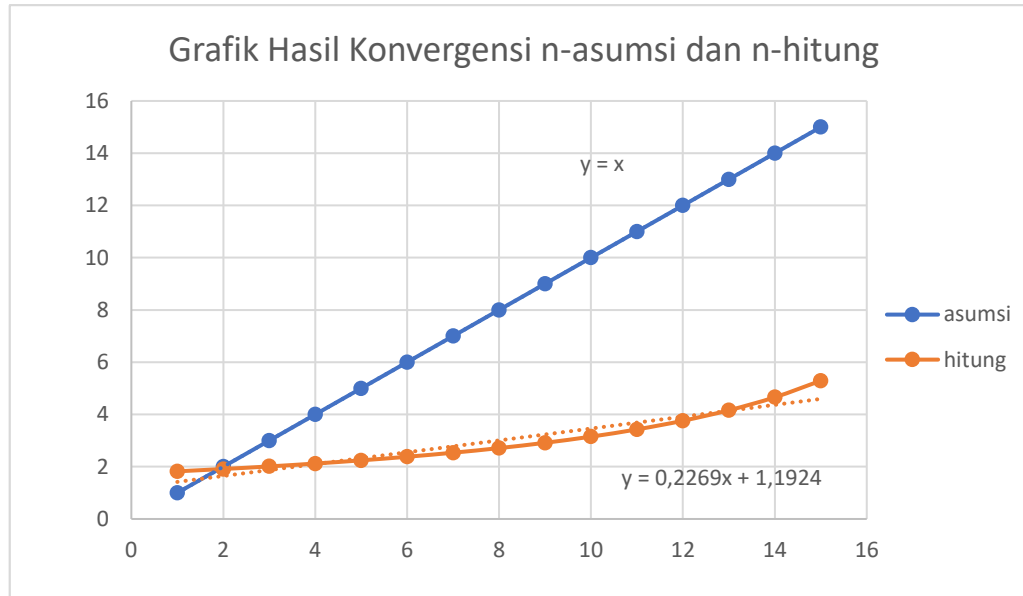
$$P_{\max_2} = 56,259 \times 0,742 = 41,74 \text{ kN}$$

$$q_u = 0,4269 \text{ ton/ft}^2$$



$$n = \frac{(1,5-1,341) \times 6927,7}{41,74 \times 14,47} = 1,824 \sim 2 \text{ batang}$$

**Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000**



**Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000**

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
56,25872	1	0,19	1,7	5,5	0,995	1,004	0,742	41,74	2
56,25872	2	0,19	1,7	5,5	0,995	0,957	0,707	39,79	2
56,25872	3	0,19	1,7	5,5	0,995	0,91	0,672	37,83	2
56,25872	4	0,19	1,7	5,5	0,995	0,863	0,638	35,88	2
56,25872	5	0,19	1,7	5,5	0,995	0,816	0,603	33,93	2
56,25872	6	0,19	1,7	5,5	0,995	0,769	0,568	31,97	2
56,25872	7	0,19	1,7	5,5	0,995	0,722	0,534	30,02	3
56,25872	8	0,19	1,7	5,5	0,995	0,675	0,499	28,06	3
56,25872	9	0,19	1,7	5,5	0,995	0,628	0,464	26,11	3
56,25872	10	0,19	1,7	5,5	0,995	0,581	0,429	24,16	3
56,25872	11	0,19	1,7	5,5	0,995	0,534	0,395	22,20	3
56,25872	12	0,19	1,7	5,5	0,995	0,487	0,360	20,25	4
56,25872	13	0,19	1,7	5,5	0,995	0,44	0,325	18,29	4
56,25872	14	0,19	1,7	5,5	0,995	0,393	0,290	16,34	5
56,25872	15	0,19	1,7	5,5	0,995	0,346	0,256	14,39	5

**Perhitungan Perencanaan Perkuatan Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250**

$$\begin{aligned} \text{Cu' tanah dasar} &= 20,85 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,2085 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1. Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times \text{Cu} \\ &= 2 \times 0,2085 \\ &= 0,4171 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0,4171/0,977 = 0,4269 \text{ ton/ft}^2 \\ &\rightarrow f = 4,2 \text{ ton/ft}^3 \end{aligned}$$

$$f = 4,2 \text{ ton/ft}^3 \rightarrow 4,2 \times 0,032 = 0,1344 \text{ kg/cm}^3$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left(\frac{297254 \times 306796}{0,1344} \right)^{\frac{1}{5}} = 232,44 \text{ cm}$$

2. $L = 300 \text{ cm} \sim 3 \text{ m}$

$$\frac{L}{T} = \frac{300 \text{ cm}}{232,44 \text{ cm}} = 1,29 \rightarrow \text{didapatkan nilai } F_m = 1,3$$

$$M_{p_{\max}} = M_{\text{cr-cerucuk}} = 17 \text{ kN-m} \rightarrow 1700000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\max-1} = \frac{1700000}{1,3 \times 232,44} = 5625,872 \text{ kg} = 56,259 \text{ kN}$$

3. Menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan

$$\text{Jika, } n\text{-asumsi} = 1 \quad F_{kg} = 2,3 \times Y_t \times Y_d \times Y_s \times Y_n$$

$$Y_t = 0,19 \quad F_{kg} = 2,3 \times 0,19 \times 1,7 \times 0,995 \times 1,004 = 0,742$$

$$Y_d = 1,7$$

$$Y_s = 0,995$$

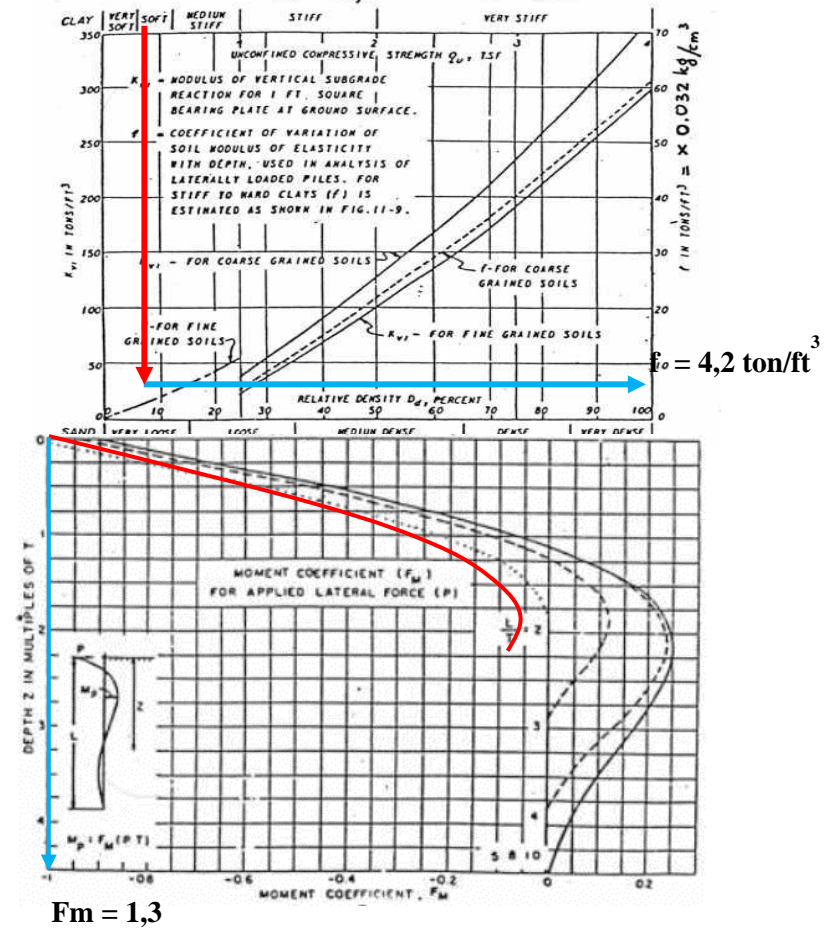
$$P_{\max_2} = P_{\max_1} \times F_{kg}$$

$$Y_n = 1,004$$

$$P_{\max_2} = 56,259 \times 0,742 = 41,74 \text{ kN}$$

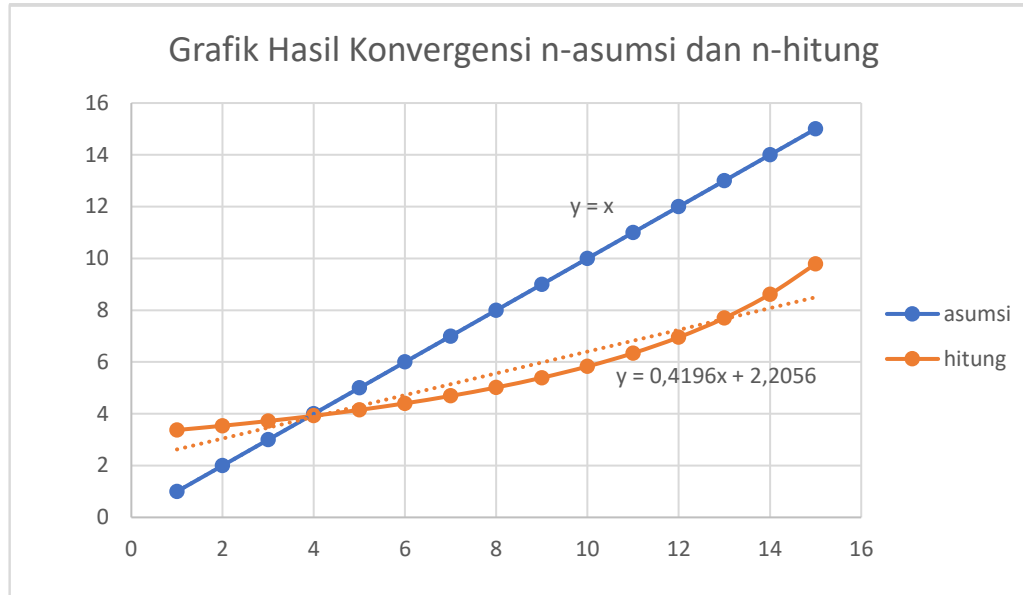
$$q_u = 0,4269 \text{ ton/ft}^2$$

$$q_u \text{ tons/ft}^2 = \times 0,977 \text{ kg/cm}^2$$



$$n = \frac{(1,5 - 1,246) \times 8459,07}{41,74 \times 15,26} = 3,373 \sim 3 \text{ batang}$$

**Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250**



**Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+250**

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
56,25872	1	0,19	1,7	5,5	0,995	1,004	0,742	41,74	3
56,25872	2	0,19	1,7	5,5	0,995	0,957	0,707	39,79	4
56,25872	3	0,19	1,7	5,5	0,995	0,91	0,672	37,83	4
56,25872	4	0,19	1,7	5,5	0,995	0,863	0,638	35,88	4
56,25872	5	0,19	1,7	5,5	0,995	0,816	0,603	33,93	4
56,25872	6	0,19	1,7	5,5	0,995	0,769	0,568	31,97	4
56,25872	7	0,19	1,7	5,5	0,995	0,722	0,534	30,02	5
56,25872	8	0,19	1,7	5,5	0,995	0,675	0,499	28,06	5
56,25872	9	0,19	1,7	5,5	0,995	0,628	0,464	26,11	5
56,25872	10	0,19	1,7	5,5	0,995	0,581	0,429	24,16	6
56,25872	11	0,19	1,7	5,5	0,995	0,534	0,395	22,20	6
56,25872	12	0,19	1,7	5,5	0,995	0,487	0,360	20,25	7
56,25872	13	0,19	1,7	5,5	0,995	0,44	0,325	18,29	8
56,25872	14	0,19	1,7	5,5	0,995	0,393	0,290	16,34	9
56,25872	15	0,19	1,7	5,5	0,995	0,346	0,256	14,39	10

Perhitungan Perencanaan Perkuatan Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500

$$\begin{aligned} \text{Cu' tanah dasar} &= 22,42 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,2242 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1. Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times \text{Cu} \\ &= 2 \times 0,2242 \\ &= 0,4484 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0,4484/0,977 = 0,4859 \text{ ton/ft}^2 \\ &\rightarrow f = 5 \text{ ton/ft}^3 \end{aligned}$$

$$f = 5 \text{ ton/ft}^3 \rightarrow 5 \times 0,032 = 0,16 \text{ kg/cm}^3$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left(\frac{297254 \times 306796}{0,16} \right)^{\frac{1}{5}} = 224,48 \text{ cm}$$

2. $L = 350 \text{ cm} \sim 3,5 \text{ m}$

$$\frac{L}{T} = \frac{350 \text{ cm}}{224,48 \text{ cm}} = 1,559 \rightarrow \text{didapatkan nilai } F_m = 1,5$$

$$M_{p_{\max}} = M_{\text{cr-cerucuk}} = 17 \text{ kN-m} \rightarrow 1700000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\max-1} = \frac{1700000}{1,5 \times 224,48} = 5048,776 \text{ kg} = 50,487 \text{ kN}$$

3. Menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan

$$\text{Jika, } n\text{-asumsi} = 1 \quad F_{kg} = 2,3 \times Y_t \times Y_d \times Y_s \times Y_n$$

$$Y_t = 0,28 \quad F_{kg} = 2,3 \times 0,28 \times 1,7 \times 0,995 \times 1,004 = 1,093$$

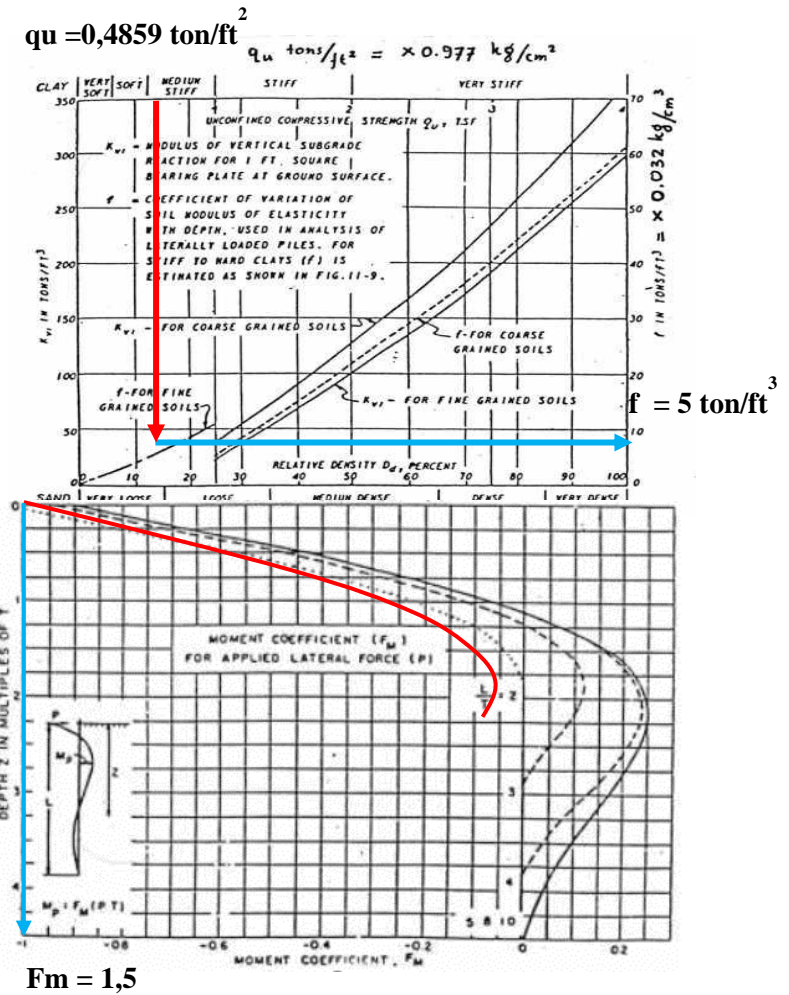
$$Y_d = 1,7$$

$$Y_s = 0,995$$

$$P_{\max_2} = P_{\max_1} \times F_{kg}$$

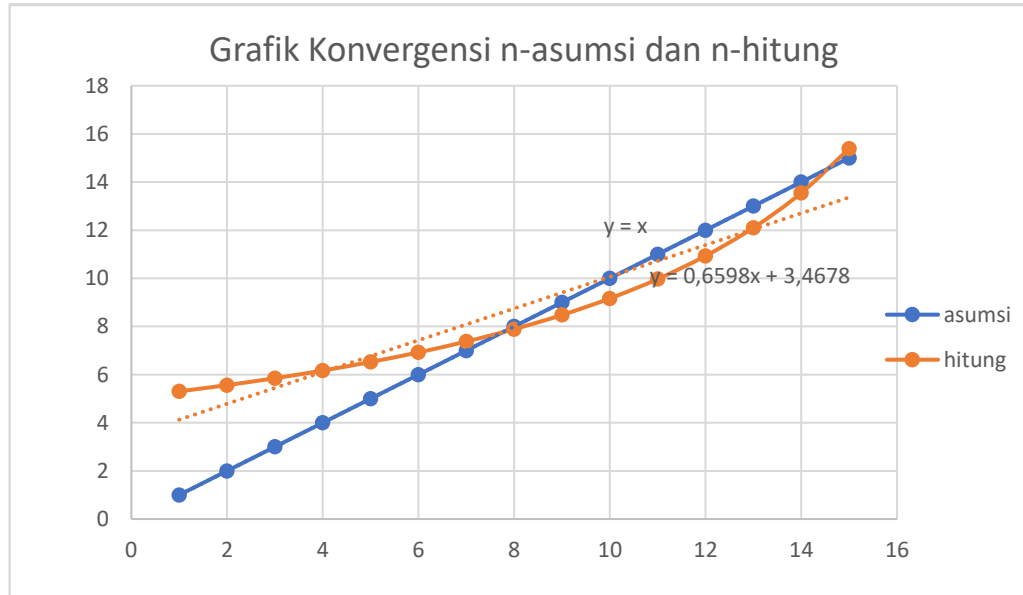
$$Y_n = 1,004$$

$$P_{\max_2} = 50,487 \times 1,093 = 55,20 \text{ kN}$$



$$n = \frac{(1,5-1,108) \times 11823}{55,20 \times 15,83} = 5,304 \sim 5 \text{ batang}$$

**Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500**



**Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+500**

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
50,48776	1	0,28	1,7	5,5	0,995	1,004	1,093	55,20	5
50,48776	2	0,28	1,7	5,5	0,995	0,957	1,042	52,62	6
50,48776	3	0,28	1,7	5,5	0,995	0,91	0,991	50,04	6
50,48776	4	0,28	1,7	5,5	0,995	0,863	0,940	47,45	6
50,48776	5	0,28	1,7	5,5	0,995	0,816	0,889	44,87	7
50,48776	6	0,28	1,7	5,5	0,995	0,769	0,837	42,28	7
50,48776	7	0,28	1,7	5,5	0,995	0,722	0,786	39,70	7
50,48776	8	0,28	1,7	5,5	0,995	0,675	0,735	37,11	8
50,48776	9	0,28	1,7	5,5	0,995	0,628	0,684	34,53	8
50,48776	10	0,28	1,7	5,5	0,995	0,581	0,633	31,95	9
50,48776	11	0,28	1,7	5,5	0,995	0,534	0,582	29,36	10
50,48776	12	0,28	1,7	5,5	0,995	0,487	0,530	26,78	11
50,48776	13	0,28	1,7	5,5	0,995	0,44	0,479	24,19	12
50,48776	14	0,28	1,7	5,5	0,995	0,393	0,428	21,61	14
50,48776	15	0,28	1,7	5,5	0,995	0,346	0,377	19,02	15

**Perhitungan Perencanaan Perkuatan Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800**

$$\begin{aligned} \text{Cu' tanah dasar} &= 21,46 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,2146 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

1. Menghitung faktor kekuatan relatif (T)

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times \text{Cu} \\ &= 2 \times 0,2146 \\ &= 0,4292 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 0,4292/0,977 = 0,4393 \text{ ton/ft}^2 \\ &\rightarrow f = 4,5 \text{ ton/ft}^3 \end{aligned}$$

$$f = 4,5 \text{ ton/ft}^3 \rightarrow 4,5 \times 0,032 = 0,144 \text{ kg/cm}^3$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left(\frac{297254 \times 306796}{0,144} \right)^{\frac{1}{5}} = 229,26 \text{ cm}$$

2. $L = 300 \text{ cm} \sim 3 \text{ m}$

$$\frac{L}{T} = \frac{300 \text{ cm}}{229,26 \text{ cm}} = 1,308 \rightarrow \text{didapatkan nilai } F_m = 1,3$$

$$M_{p_{\max}} = M_{\text{cr-cerucuk}} = 17 \text{ kN-m} \rightarrow 1700000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\max-1} = \frac{1700000}{1,3 \times 229,26} = 5704,039 \text{ kg} = 57,04 \text{ kN}$$

3. Menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan

$$\text{Jika, } n\text{-asumsi} = 1 \quad F_{kg} = 2,3 \times Y_t \times Y_d \times Y_s \times Y_n$$

$$Y_t = 0,19 \quad F_{kg} = 2,3 \times 0,19 \times 1,7 \times 0,995 \times 1,004 = 0,742$$

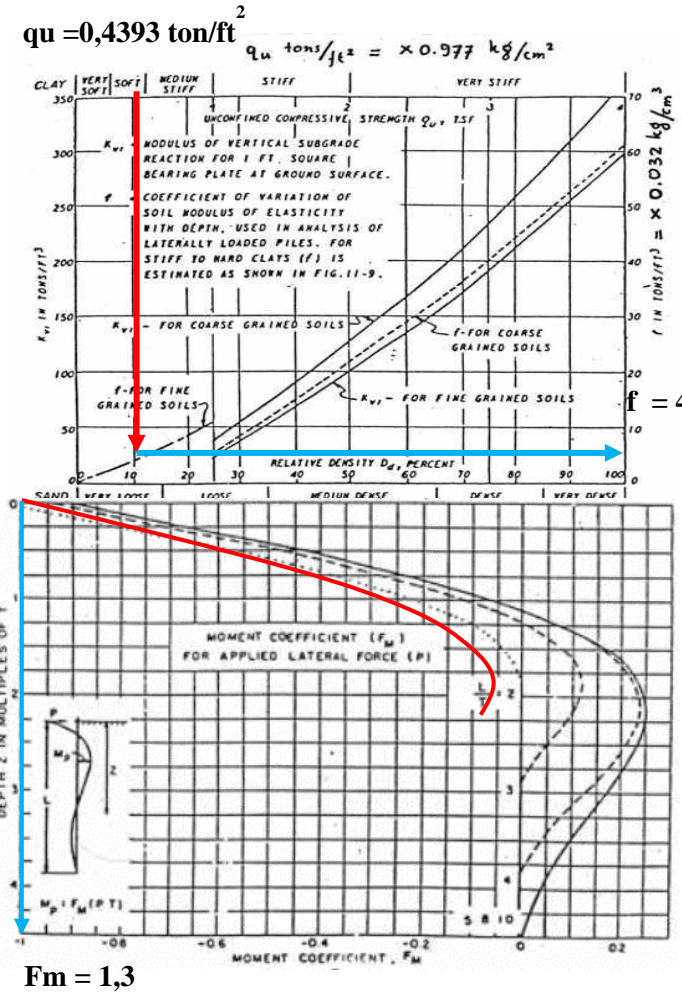
$$Y_d = 1,7$$

$$Y_s = 0,995$$

$$P_{\max_2} = P_{\max_1} \times F_{kg}$$

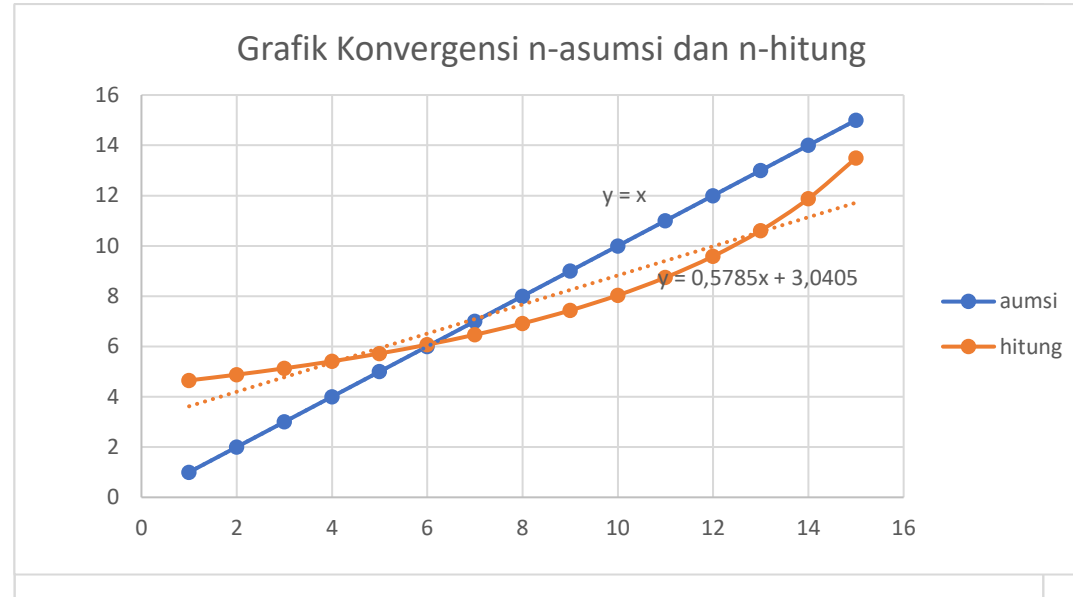
$$Y_n = 1,004$$

$$P_{\max_2} = 57,04 \times 0,742 = 42,32 \text{ kN}$$



$$n = \frac{(1,5-1,19) \times 10176}{42,32 \times 16,03} = 4,65 \sim 5 \text{ batang}$$

**Grafik Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung Tiang Pancang
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800**



**Rekapitulasi Perhitungan Hasil Konvergensi n-asumsi dan n-hitung
Timbunan TANAH SIRTU STA 153+800**

Pmax1 (kN)	n-cerucuk asumsi	Faktor Koreksi Yt	Faktor Koreksi Yd	Spasi (m)	Faktor Koreksi Ys	Faktor Koreksi Yn	Fkg	Pmax2 (kN)	n-cerucuk hitung
57,04039	1	0,19	1,7	5,5	0,995	1,004	0,742	42,32	5
57,04039	2	0,19	1,7	5,5	0,995	0,957	0,707	40,34	5
57,04039	3	0,19	1,7	5,5	0,995	0,91	0,672	38,36	5
57,04039	4	0,19	1,7	5,5	0,995	0,863	0,638	36,38	5
57,04039	5	0,19	1,7	5,5	0,995	0,816	0,603	34,40	6
57,04039	6	0,19	1,7	5,5	0,995	0,769	0,568	32,42	6
57,04039	7	0,19	1,7	5,5	0,995	0,722	0,534	30,43	6
57,04039	8	0,19	1,7	5,5	0,995	0,675	0,499	28,45	7
57,04039	9	0,19	1,7	5,5	0,995	0,628	0,464	26,47	7
57,04039	10	0,19	1,7	5,5	0,995	0,581	0,429	24,49	8
57,04039	11	0,19	1,7	5,5	0,995	0,534	0,395	22,51	9
57,04039	12	0,19	1,7	5,5	0,995	0,487	0,360	20,53	10
57,04039	13	0,19	1,7	5,5	0,995	0,44	0,325	18,55	11
57,04039	14	0,19	1,7	5,5	0,995	0,393	0,290	16,57	12
57,04039	15	0,19	1,7	5,5	0,995	0,346	0,256	14,58	13

Lampiran 7

Data Tingkat Inflasi Tahun 2006

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2006	januari	17,03	13,33
	februari	17,92	
	maret	15,74	
	april	15,4	
	mei	15,6	
	juni	15,53	
	juli	15,15	
	agustus	14,9	
	september	14,55	
	oktober	6,29	
	november	5,27	
	desember	6,6	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2007

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2007	januari	6,26	6,40
	februari	6,3	
	maret	6,52	
	april	6,29	
	mei	6,01	
	juni	5,77	
	juli	6,06	
	agustus	6,51	
	september	6,95	
	oktober	6,88	
	november	6,71	
	desember	6,59	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2008

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2008	januari	7,36	10,31
	februari	7,4	
	maret	8,17	
	april	8,96	
	mei	10,38	
	juni	11,03	
	juli	11,9	
	agustus	11,85	
	september	12,14	
	oktober	11,77	
	november	11,68	
	desember	11,06	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2009

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2009	januari	9,17	4,90
	februari	8,6	
	maret	7,92	
	april	7,31	
	mei	6,04	
	juni	3,65	
	juli	2,71	
	agustus	2,75	
	september	2,83	
	oktober	2,57	
	november	2,41	
	desember	2,78	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2010

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2010	januari	3,72	5,13
	februari	3,81	
	maret	3,43	
	april	3,91	
	mei	4,16	
	juni	5,05	
	juli	6,22	
	agustus	6,44	
	september	5,8	
	oktober	5,67	
	november	6,33	
	desember	6,96	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2011

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2011	januari	7,02	5,38
	februari	6,84	
	maret	6,65	
	april	6,16	
	mei	5,98	
	juni	5,54	
	juli	4,61	
	agustus	4,79	
	september	4,61	
	oktober	4,42	
	november	4,15	
	desember	3,79	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2012

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2012	januari	3,65	4,28
	februari	3,56	
	maret	3,97	
	april	4,5	
	mei	4,45	
	juni	4,53	
	juli	4,56	
	agustus	4,58	
	september	4,31	
	oktober	4,61	
	november	4,32	
	desember	4,3	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2013

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2013	januari	4,57	6,97
	februari	5,31	
	maret	5,9	
	april	5,57	
	mei	5,47	
	juni	5,9	
	juli	8,61	
	agustus	8,79	
	september	8,4	
	oktober	8,32	
	november	8,37	
	desember	8,38	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2014

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2014	januari	8,22	6,42
	februari	7,75	
	maret	7,32	
	april	7,25	
	mei	7,32	
	juni	6,7	
	juli	4,53	
	agustus	3,99	
	september	4,53	
	oktober	4,83	
	november	6,23	
	desember	8,36	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2015

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2015	januari	6,96	6,38
	februari	6,29	
	maret	6,38	
	april	6,79	
	mei	7,15	
	juni	7,26	
	juli	7,26	
	agustus	7,18	
	september	6,83	
	oktober	6,25	
	november	4,89	
	desember	3,35	

Data Tingkat Inflasi Tahun 2016

	Bulan	Tingkat Inflasi per bulan (%)	Tingkat Inflasi per tahun (%)
2016	januari	4,14	3,53
	februari	4,42	
	maret	4,45	
	april	3,6	
	mei	3,33	
	juni	3,45	
	juli	3,21	
	agustus	2,79	
	september	3,07	
	oktober	3,31	
	november	3,58	
	desember	3,02	

Lampiran 8

*Tabel Tegangan Overburden Efektif
STA 150+250
Setelah Material Replacement*

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m ³)	Po' (kN/m ²)
1	0,5	8,5	4,25
2	1,5	8,5	12,75
3	2,5	7,019	20,5095
4	3,5	6,844	27,441
5	4,5	6,844	34,285
6	5,5	6,844	41,129
7	6,5	6,68	47,891
8	7,5	6,68	54,571
9	8,5	6,68	61,251
10	9,5	7,284	68,233
11	10,5	7,284	75,517
12	11,5	7,284	82,801
13	12,5	7,376	90,131
14	13,5	7,376	97,507
15	14,5	7,376	104,883

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
57,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00278744

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
94,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,004574879

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
131,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,006362319

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
168,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,008149758

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	55,9948	20,5095	76,5043	15	35,5095	1,731	OC	0,078210
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,9017	27,4410	83,3427	15	42,4410	1,547	OC	0,065212
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,7432	34,2850	90,0282	15	49,2850	1,438	OC	0,057724
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	55,5083	41,1290	96,6373	15	56,1290	1,365	OC	0,051746
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	55,1898	47,8910	103,0808	15	62,8910	1,313	OC	0,049432
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	54,7852	54,5710	109,3562	15	69,5710	1,275	OC	0,045110
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	54,2888	61,2510	115,5398	15	76,2510	1,245	OC	0,041367
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	53,7179	68,2330	121,9509	15	83,2330	1,220	OC	0,036780
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	53,0614	75,5170	128,5784	15	90,5170	1,199	OC	0,033770
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	52,3495	82,8010	135,1505	15	97,8010	1,181	OC	0,031110
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	51,5803	90,1310	141,7113	15	105,1310	1,166	OC	0,024383
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	50,7586	97,5070	148,2656	15	112,5070	1,154	OC	0,022551
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	49,9028	104,8830	154,7858	15	119,8830	1,143	OC	0,020899
											Sc total =	0,558295
											S total =	0,561082

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,429	0,4916	0,1095	92,9770	20,5095	113,4865	15	35,5095	1,731	OC	0,112868
4	1	1,383	0,4635	0,1032	92,8535	27,4410	120,2945	15	42,4410	1,547	OC	0,096213
5	1	1,383	0,4635	0,1032	92,6426	34,2850	126,9276	15	49,2850	1,438	OC	0,086741
6	1	1,383	0,4635	0,1032	92,3283	41,1290	133,4573	15	56,1290	1,365	OC	0,079017
7	1	1,319	0,4733	0,1105	91,8932	47,8910	139,7842	15	62,8910	1,313	OC	0,076429
8	1	1,319	0,4733	0,1105	91,3451	54,5710	145,9161	15	69,5710	1,275	OC	0,070674
9	1	1,319	0,4733	0,1105	90,6658	61,2510	151,9168	15	76,2510	1,245	OC	0,065627
10	1	1,312	0,4576	0,1057	89,8808	68,2330	158,1138	15	83,2330	1,220	OC	0,059104
11	1	1,312	0,4576	0,1057	88,9859	75,5170	164,5029	15	90,5170	1,199	OC	0,054949
12	1	1,312	0,4576	0,1057	87,9860	82,8010	170,7870	15	97,8010	1,181	OC	0,051227
13	1	1,176	0,3663	0,0832	86,9006	90,1310	177,0316	15	105,1310	1,166	OC	0,040652
14	1	1,176	0,3663	0,0832	85,7329	97,5070	183,2399	15	112,5070	1,154	OC	0,038034
15	1	1,176	0,3663	0,0832	84,5034	104,8830	189,3864	15	119,8830	1,143	OC	0,035648
											Sc total = 0,867183	
											S total = 0,871758	

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	129,9659	20,5095	150,4754	15	35,5095	1,731	OC	0,137663
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,8231	27,4410	157,2641	15	42,4410	1,547	OC	0,118852
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,5722	34,2850	163,8572	15	49,2850	1,438	OC	0,108315
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	129,2069	41,1290	170,3359	15	56,1290	1,365	OC	0,099628
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	128,6960	47,8910	176,5870	15	62,8910	1,313	OC	0,097143
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	128,0539	54,5710	182,6249	15	69,5710	1,275	OC	0,090563
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	127,2672	61,2510	188,5182	15	76,2510	1,245	OC	0,084760
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	126,3339	68,2330	194,5669	15	83,2330	1,220	OC	0,076937
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	125,2691	75,5170	200,7861	15	90,5170	1,199	OC	0,072082
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	124,0730	82,8010	206,8740	15	97,8010	1,181	OC	0,067705
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	122,7658	90,1310	212,8968	15	105,1310	1,166	OC	0,054138
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	121,3491	97,5070	218,8561	15	112,5070	1,154	OC	0,051019
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	119,8492	104,8830	224,7322	15	119,8830	1,143	OC	0,048157
											Sc total =	1,106962
											S total =	1,113325

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

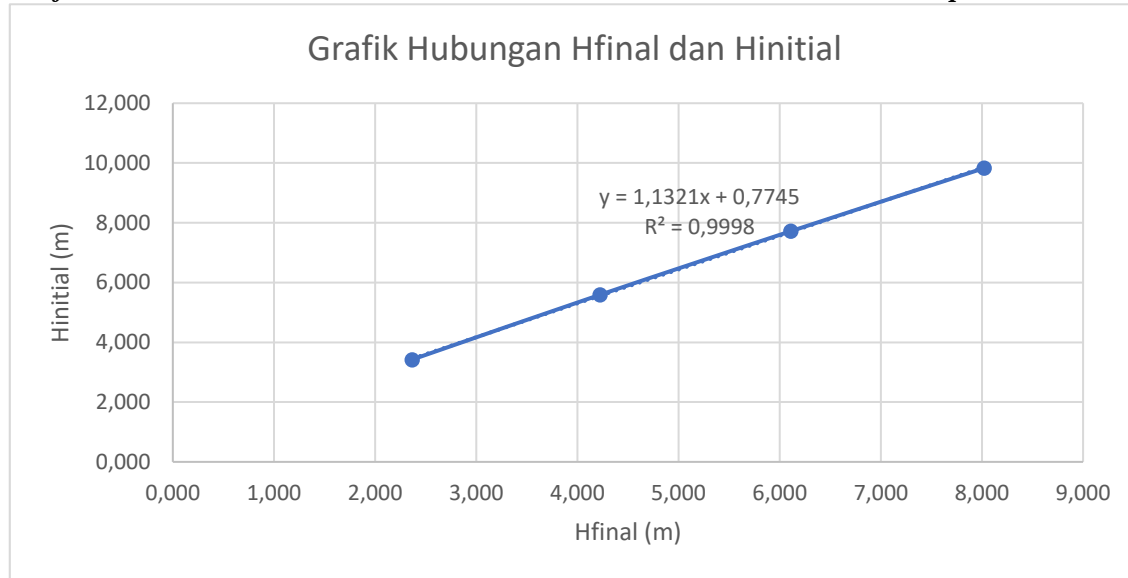
Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	166,9518	20,5095	187,4613	15	35,5095	1,731	OC	0,156979
4	1	1,383	0,4635	0,1032	166,7961	27,4410	194,2371	15	42,4410	1,547	OC	0,136689
5	1	1,383	0,4635	0,1032	166,5182	34,2850	200,8032	15	49,2850	1,438	OC	0,125492
6	1	1,383	0,4635	0,1032	166,1183	41,1290	207,2473	15	56,1290	1,365	OC	0,116198
7	1	1,319	0,4733	0,1105	165,5697	47,8910	213,4607	15	62,8910	1,313	OC	0,113951
8	1	1,319	0,4733	0,1105	164,8586	54,5710	219,4296	15	69,5710	1,275	OC	0,106836
9	1	1,319	0,4733	0,1105	163,9898	61,2510	225,2408	15	76,2510	1,245	OC	0,100534
10	1	1,312	0,4576	0,1057	162,9559	68,2330	231,1889	15	83,2330	1,220	OC	0,091762
11	1	1,312	0,4576	0,1057	161,7709	75,5170	237,2879	15	90,5170	1,199	OC	0,086440
12	1	1,312	0,4576	0,1057	160,4328	82,8010	243,2338	15	97,8010	1,181	OC	0,081623
13	1	1,176	0,3663	0,0832	158,9656	90,1310	249,0966	15	105,1310	1,166	OC	0,065618
14	1	1,176	0,3663	0,0832	157,3669	97,5070	254,8739	15	112,5070	1,154	OC	0,062157
15	1	1,176	0,3663	0,0832	155,6676	104,8830	260,5506	15	119,8830	1,143	OC	0,058969

Sc total = 1,303247
S total = 1,311396

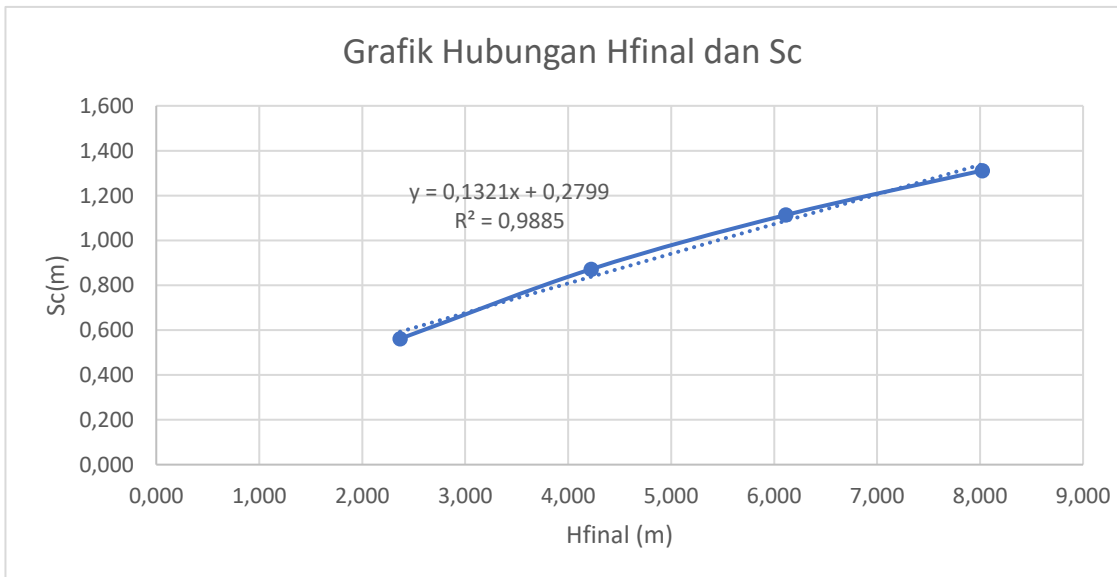
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,422	0,561	0,59	0,1	2,367
5	94,7	5,590	0,872	0,59	0,1	4,224
7	131,7	7,721	1,113	0,59	0,1	6,113
9	168,7	9,828	1,311	0,59	0,1	8,022

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan TANAH SIRTU STA 150+250 Setelah Replacement



Tabel Tegangan Overburden Efektif

STA 151+000

Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m³)	Po' (kN/m²)
1	0,5	8,50	4,25
2	1,5	8,50	12,75
3	2,5	6,66486	20,3324
4	3,5	6,66486	26,9973
5	4,5	7,08231	33,8709
6	5,5	7,08231	40,9532
7	6,5	7,08231	48,0355
8	7,5	7,08231	55,1178
9	8,5	7,08231	62,2001
10	9,5	7,08231	69,2824
11	10,5	7,08231	76,3647
12	11,5	7,08231	83,4471
13	12,5	7,08231	90,5294
14	13,5	7,08231	97,6117
15	14,5	7,08231	104,6940

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
57,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00278744

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
94,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00457

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
131,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00636

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
168,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00815

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	56,0229	20,3324	76,3553	15	35,3324	1,738	OC	0,081946
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,9766	26,9973	82,9739	15	41,9973	1,556	OC	0,071451
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,8966	33,8709	89,7675	15	48,8709	1,443	OC	0,056074
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,7757	40,9532	96,7289	15	55,9532	1,366	OC	0,050147
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,6082	48,0355	103,6437	15	63,0355	1,312	OC	0,045335
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,3901	55,1178	110,5079	15	70,1178	1,272	OC	0,041327
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	55,1190	62,2001	117,3192	15	77,2001	1,241	OC	0,037919
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,7942	69,2824	124,0766	15	84,2824	1,217	OC	0,034972
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,4161	76,3647	130,7808	15	91,3647	1,196	OC	0,032389
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,9866	83,4471	137,4337	15	98,4471	1,180	OC	0,030100
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,5020	90,5294	144,0313	15	105,5294	1,166	OC	0,028047
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,9789	97,6117	150,5906	15	112,6117	1,154	OC	0,026200
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,4150	104,6940	157,1089	15	119,6940	1,143	OC	0,024524
											Sc total =	0,560430
											S total =	0,563218

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,338780939	0,4929	0,1112	93,0128	20,3324	113,3453	15	35,3324	1,738	OC	0,118105
4	1	1,338780939	0,4929	0,1112	92,9492	26,9973	119,9465	15	41,9973	1,556	OC	0,105183
5	1	1,246394119	0,4190	0,0963	92,8390	33,8709	126,7099	15	48,8709	1,443	OC	0,083993
6	1	1,246394119	0,4190	0,0963	92,6721	40,9532	133,6253	15	55,9532	1,366	OC	0,076320
7	1	1,246394119	0,4190	0,0963	92,4400	48,0355	140,4755	15	63,0355	1,312	OC	0,069965
8	1	1,246394119	0,4190	0,0963	92,1367	55,1178	147,2545	15	70,1178	1,272	OC	0,064580
9	1	1,246394119	0,4190	0,0963	91,7580	62,2001	153,9581	15	77,2001	1,241	OC	0,059933
10	1	1,246394119	0,4190	0,0963	91,3020	69,2824	160,5844	15	84,2824	1,217	OC	0,055863
11	1	1,246394119	0,4190	0,0963	90,7620	76,3647	167,1267	15	91,3647	1,196	OC	0,052253
12	1	1,246394119	0,4190	0,0963	90,1528	83,4471	173,5998	15	98,4471	1,180	OC	0,049022
13	1	1,246394119	0,4190	0,0963	89,4708	90,5294	180,0002	15	105,5294	1,166	OC	0,046104
14	1	1,246394119	0,4190	0,0963	88,7093	97,6117	186,3209	15	112,6117	1,154	OC	0,043446
15	1	1,246394119	0,4190	0,0963	87,8951	104,6940	192,5891	15	119,6940	1,143	OC	0,041017
											Sc total =	0,865784
											S total =	0,870359

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	130,0060	20,3324	150,3384	15	35,3324	1,738	OC	0,143959
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	129,9306	26,9973	156,9279	15	41,9973	1,556	OC	0,129782
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,7998	33,8709	163,6707	15	48,8709	1,443	OC	0,104725
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,6012	40,9532	170,5544	15	55,9532	1,366	OC	0,096085
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	129,3246	48,0355	177,3601	15	63,0355	1,312	OC	0,088850
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	128,9620	55,1178	184,0798	15	70,1178	1,272	OC	0,082660
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	128,5013	62,2001	190,7015	15	77,2001	1,241	OC	0,077269
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	127,9528	69,2824	197,2352	15	84,2824	1,217	OC	0,072515
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	127,3087	76,3647	203,6735	15	91,3647	1,196	OC	0,068272
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	126,5594	83,4471	210,0064	15	98,4471	1,180	OC	0,064443
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	125,7294	90,5294	216,2588	15	105,5294	1,166	OC	0,060969
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	124,8077	97,6117	222,4194	15	112,6117	1,154	OC	0,057790
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	123,8083	104,6940	228,5023	15	119,6940	1,143	OC	0,054867
											Sc total =	1,102186
											S total =	1,108548

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	167,0012	20,3324	187,3336	15	35,3324	1,738	OC	0,164096
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	166,9173	26,9973	193,9146	15	41,9973	1,556	OC	0,149153
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,7719	33,8709	200,6428	15	48,8709	1,443	OC	0,121222
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,5507	40,9532	207,5039	15	55,9532	1,366	OC	0,111969
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	166,2354	48,0355	214,2709	15	63,0355	1,312	OC	0,104164
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	165,8301	55,1178	220,9479	15	70,1178	1,272	OC	0,097447
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	165,3214	62,2001	227,5215	15	77,2001	1,241	OC	0,091569
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	164,6943	69,2824	233,9767	15	84,2824	1,217	OC	0,086352
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	163,9691	76,3647	240,3339	15	91,3647	1,196	OC	0,081678
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	163,1309	83,4471	246,5780	15	98,4471	1,180	OC	0,077447
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	162,1908	90,5294	252,7202	15	105,5294	1,166	OC	0,073590
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	161,1440	97,6117	258,7557	15	112,6117	1,154	OC	0,070047
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	160,0046	104,6940	264,6986	15	119,6940	1,143	OC	0,066778

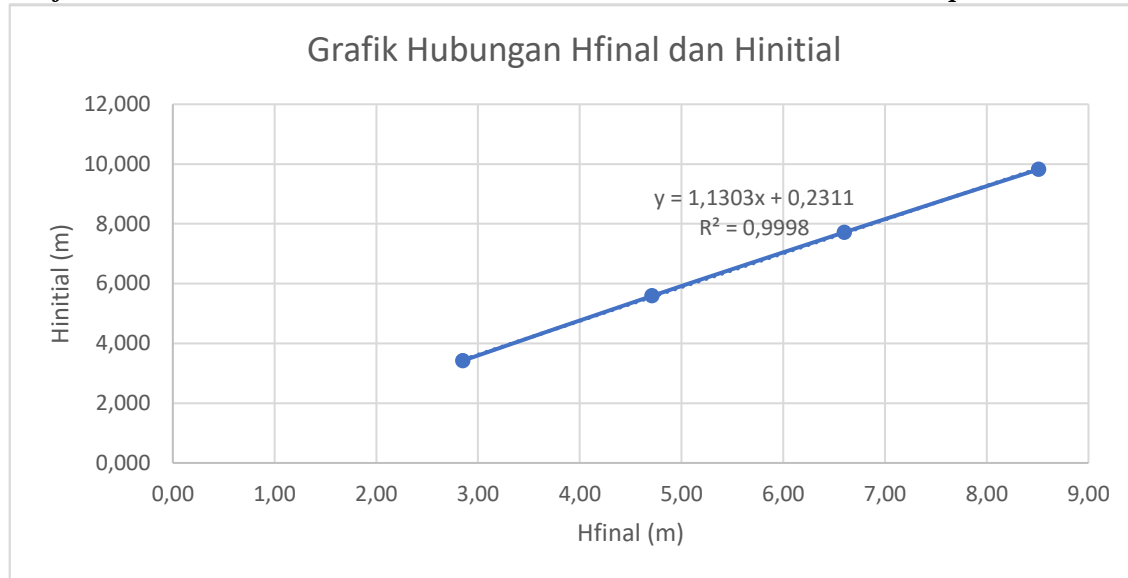
Sc total = 1,295511

S total = 1,303660

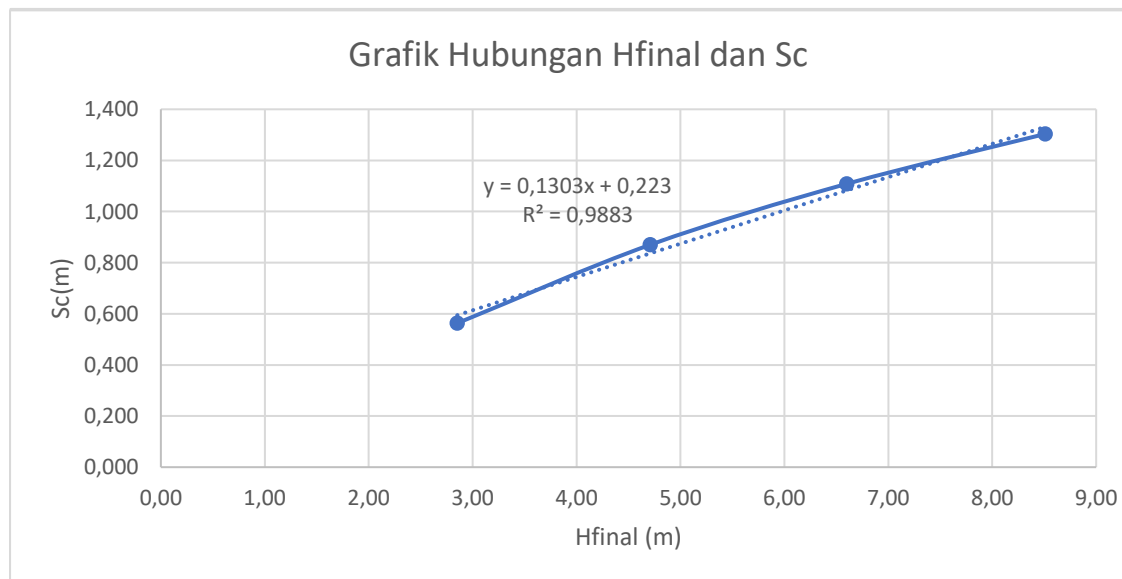
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,422	0,561	0,59	0,1	2,367
5	94,7	5,590	0,872	0,59	0,1	4,224
7	131,7	7,721	1,113	0,59	0,1	6,113
9	168,7	9,828	1,311	0,59	0,1	8,022

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan TANAH SIRTU STA 151+000 Setelah Replacement



Tabel Tegangan Overburden Efektif

STA 154+000

Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Zi (m)	γ' (kN/m³)	Po' (kN/m²)
1	0,5	8,5	4,2500
2	1,5	8,5	12,7500
3	2,5	6,617	20,3085
4	3,5	6,629	26,9315
5	4,5	6,629	33,5605
6	5,5	6,629	40,1895

Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU

Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000

qsurcharge (kN/m²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m²)	E' (kN/m²)	Si (m)
57,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,00278744

Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU

Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000

qsurcharge (kN/m²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m²)	E' (kN/m²)	Si (m)
94,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,004574879

Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
131,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,006362319

Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	2μ ²	1-μ	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
168,7	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,008149758

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	56,0028	20,3085	76,3113	15	35,3085	1,739	OC	0,080913
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,9229	26,9315	82,8544	15	41,9315	1,557	OC	0,066844
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,7864	33,5605	89,3469	15	48,5605	1,447	OC	0,059342
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	55,5830	40,1895	95,7725	15	55,1895	1,373	OC	0,053333
											Sc total =	0,260433
											S total =	0,263220

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,489	0,5194	0,1147	92,9871	20,3085	113,2956	15	35,3085	1,739	OC	0,116725
4	1	1,471	0,4895	0,1060	92,8803	26,9315	119,8118	15	41,9315	1,557	OC	0,098578
5	1	1,471	0,4895	0,1060	92,6972	33,5605	126,2577	15	48,5605	1,447	OC	0,089093
6	1	1,471	0,4895	0,1060	92,4232	40,1895	132,6127	15	55,1895	1,373	OC	0,081334
											Sc total =	0,385730
											S total =	0,390305

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	129,9770	20,3085	150,2855	15	35,3085	1,739	OC	0,142329
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,8529	26,9315	156,7844	15	41,9315	1,557	OC	0,121717
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,6331	33,5605	163,1936	15	48,5605	1,447	OC	0,111171
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	129,3130	40,1895	169,5025	15	55,1895	1,373	OC	0,102451
											Sc total =	0,477668
											S total =	0,484030

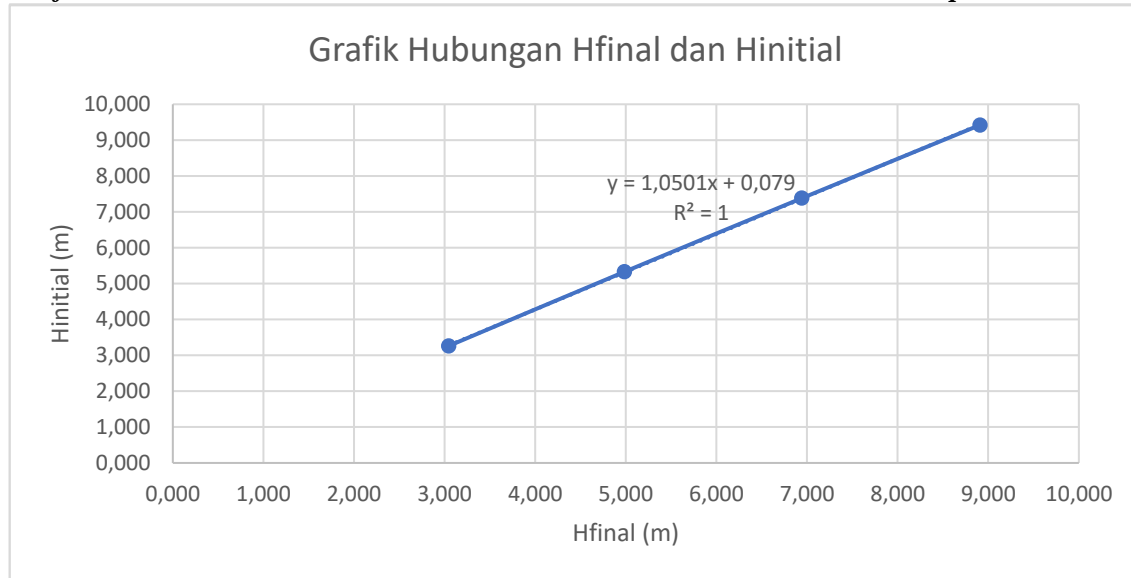
Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,489	0,5194	0,1147	166,9636	20,3085	187,2721	15	35,3085	1,739	OC	0,162268
4	1	1,471	0,4895	0,1060	166,8277	26,9315	193,7592	15	41,9315	1,557	OC	0,139935
5	1	1,471	0,4895	0,1060	166,5938	33,5605	200,1543	15	48,5605	1,447	OC	0,128735
6	1	1,471	0,4895	0,1060	166,2311	40,1895	206,4206	15	55,1895	1,373	OC	0,119404
											Sc total =	0,550343
											S total =	0,558492

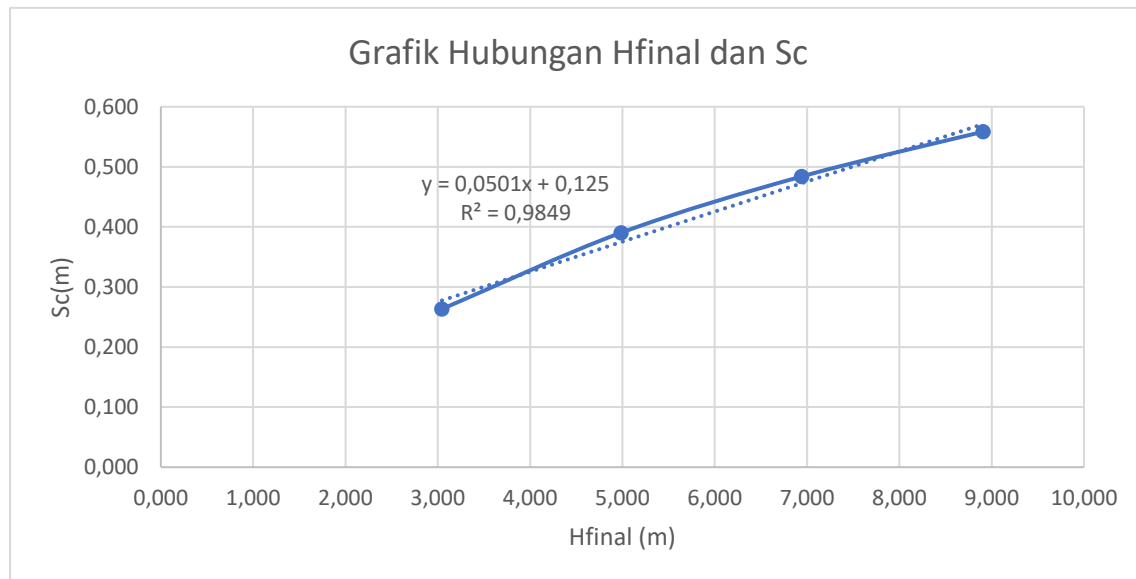
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	57,7	3,261	0,263	0,05	0,1	3,044
5	94,7	5,330	0,390	0,05	0,1	4,986
7	131,7	7,381	0,484	0,05	0,1	6,942
9	168,7	9,421	0,558	0,05	0,1	8,908

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan TANAH SIRTU STA 154+000 Setelah Replacement



***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
20,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001004831

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
32,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001584541

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
44,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002164251

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
56,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002743961

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,429	0,4916	0,1095	19,1053	20,5095	39,6148	15	35,5095	1,731	OC	0,020366
4	1	1,383	0,4635	0,1032	19,0614	27,4410	46,5024	15	42,4410	1,547	OC	0,015923
5	1	1,383	0,4635	0,1032	18,9944	34,2850	53,2794	15	49,2850	1,438	OC	0,013410
6	1	1,383	0,4635	0,1032	18,9013	41,1290	60,0303	15	56,1290	1,365	OC	0,011525
7	1	1,319	0,4733	0,1105	18,7805	47,8910	66,6715	15	62,8910	1,313	OC	0,010812
8	1	1,319	0,4733	0,1105	18,6315	54,5710	73,2025	15	69,5710	1,275	OC	0,009535
9	1	1,319	0,4733	0,1105	18,4486	61,2510	79,6996	15	76,2510	1,245	OC	0,008453
10	1	1,312	0,4576	0,1057	18,2466	68,2330	86,4796	15	83,2330	1,220	OC	0,007235
11	1	1,312	0,4576	0,1057	18,0101	75,5170	93,5271	15	90,5170	1,199	OC	0,006410
12	1	1,312	0,4576	0,1057	17,7640	82,8010	100,5650	15	97,8010	1,181	OC	0,005702
13	1	1,176	0,3663	0,0832	17,5002	90,1310	107,6312	15	105,1310	1,166	OC	0,004273
14	1	1,176	0,3663	0,0832	17,2173	97,5070	114,7243	15	112,5070	1,154	OC	0,003802
15	1	1,176	0,3663	0,0832	16,9273	104,8830	121,8103	15	119,8830	1,143	OC	0,003384
											Sc total =	0,120831
											S total =	0,121836

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,429	0,4916	0,1095	31,0582	20,5095	51,5677	15	35,5095	1,731	OC	0,043542
4	1	1,383	0,4635	0,1032	30,9947	27,4410	58,4357	15	42,4410	1,547	OC	0,035219
5	1	1,383	0,4635	0,1032	30,9015	34,2850	65,1865	15	49,2850	1,438	OC	0,030449
6	1	1,383	0,4635	0,1032	30,7744	41,1290	71,9034	15	56,1290	1,365	OC	0,026771
7	1	1,319	0,4733	0,1105	30,6042	47,8910	78,4952	15	62,8910	1,313	OC	0,025282
8	1	1,319	0,4733	0,1105	30,4029	54,5710	84,9739	15	69,5710	1,275	OC	0,022751
9	1	1,319	0,4733	0,1105	30,1530	61,2510	91,4040	15	76,2510	1,245	OC	0,020598
10	1	1,312	0,4576	0,1057	29,8782	68,2330	98,1112	15	83,2330	1,220	OC	0,018083
11	1	1,312	0,4576	0,1057	29,5695	75,5170	105,0865	15	90,5170	1,199	OC	0,016427
12	1	1,312	0,4576	0,1057	29,2256	82,8010	112,0266	15	97,8010	1,181	OC	0,014980
13	1	1,176	0,3663	0,0832	28,8588	90,1310	118,9898	15	105,1310	1,166	OC	0,011608
14	1	1,176	0,3663	0,0832	28,4640	97,5070	125,9710	15	112,5070	1,154	OC	0,010638
15	1	1,176	0,3663	0,0832	28,0536	104,8830	132,9366	15	119,8830	1,143	OC	0,009774
											Sc total =	0,286123
											Sc total =	0,287707

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	42,9943	20,5095	63,5038	15	35,5095	1,731	OC	0,061841
4	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,9163	27,4410	70,3573	15	42,4410	1,547	OC	0,050903
5	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,7985	34,2850	77,0835	15	49,2850	1,438	OC	0,044610
6	1	1,3830	0,4635	0,1032	42,6491	41,1290	83,7781	15	56,1290	1,365	OC	0,039683
7	1	1,3190	0,4733	0,1105	42,4467	47,8910	90,3377	15	62,8910	1,313	OC	0,037737
8	1	1,3190	0,4733	0,1105	42,2115	54,5710	96,7825	15	69,5710	1,275	OC	0,034284
9	1	1,3190	0,4733	0,1105	41,9320	61,2510	103,1830	15	76,2510	1,245	OC	0,031342
10	1	1,3120	0,4576	0,1057	41,6047	68,2330	109,8377	15	83,2330	1,220	OC	0,027788
11	1	1,3120	0,4576	0,1057	41,2404	75,5170	116,7574	15	90,5170	1,199	OC	0,025480
12	1	1,3120	0,4576	0,1057	40,8332	82,8010	123,6342	15	97,8010	1,181	OC	0,023454
13	1	1,1760	0,3663	0,0832	40,3953	90,1310	130,5263	15	105,1310	1,166	OC	0,018373
14	1	1,1760	0,3663	0,0832	39,9195	97,5070	137,4265	15	112,5070	1,154	OC	0,017001
15	1	1,1760	0,3663	0,0832	39,4232	104,8830	144,3062	15	119,8830	1,143	OC	0,015774
											Sc total =	0,428270
											Sc total =	0,430434

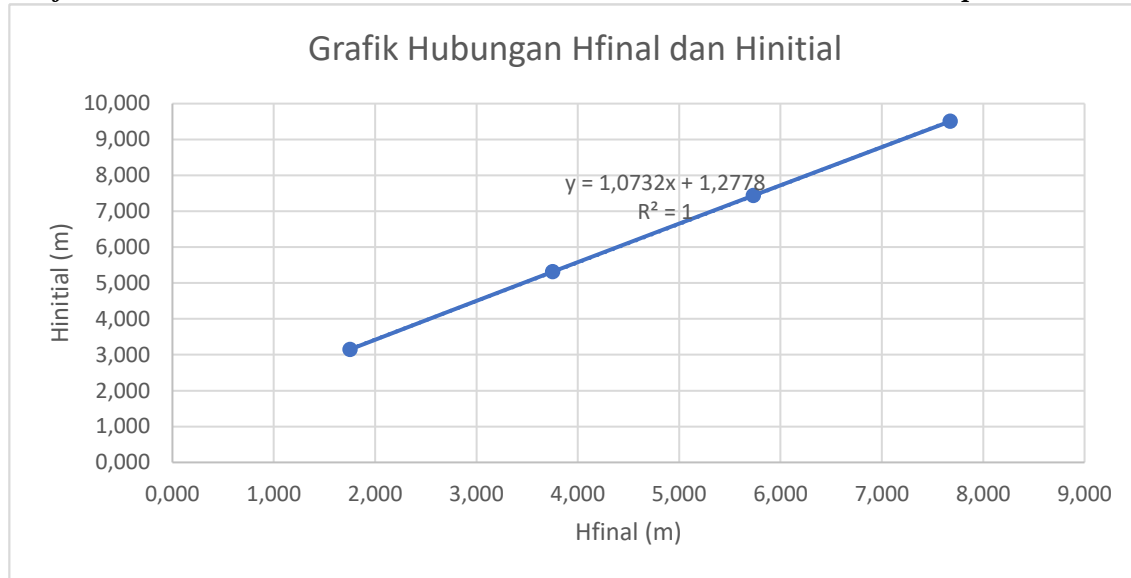
Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 150+250 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4290	0,4916	0,1095	54,9096	20,5095	75,4191	15	35,5095	1,731	OC	0,076955
4	1	1,383	0,4635	0,1032	54,8216	27,4410	82,2626	15	42,4410	1,547	OC	0,064110
5	1	1,383	0,4635	0,1032	54,6875	34,2850	88,9725	15	49,2850	1,438	OC	0,056728
6	1	1,383	0,4635	0,1032	54,5234	41,1290	95,6524	15	56,1290	1,365	OC	0,050881
7	1	1,319	0,4733	0,1105	54,3139	47,8910	102,2049	15	62,8910	1,313	OC	0,048676
8	1	1,319	0,4733	0,1105	54,0520	54,5710	108,6230	15	69,5710	1,275	OC	0,044514
9	1	1,319	0,4733	0,1105	53,7454	61,2510	114,9964	15	76,2510	1,245	OC	0,040949
10	1	1,312	0,4576	0,1057	53,3857	68,2330	121,6187	15	83,2330	1,220	OC	0,036546
11	1	1,312	0,4576	0,1057	52,9834	75,5170	128,5004	15	90,5170	1,199	OC	0,033717
12	1	1,312	0,4576	0,1057	51,9663	82,8010	134,7673	15	97,8010	1,181	OC	0,030866
13	1	1,176	0,3663	0,0832	52,0418	90,1310	142,1728	15	105,1310	1,166	OC	0,024621
14	1	1,176	0,3663	0,0832	51,5075	97,5070	149,0145	15	112,5070	1,154	OC	0,022919
15	1	1,176	0,3663	0,0832	50,9487	104,8830	155,8317	15	119,8830	1,143	OC	0,021391
											Sc total =	0,552873
											Sc total =	0,555617

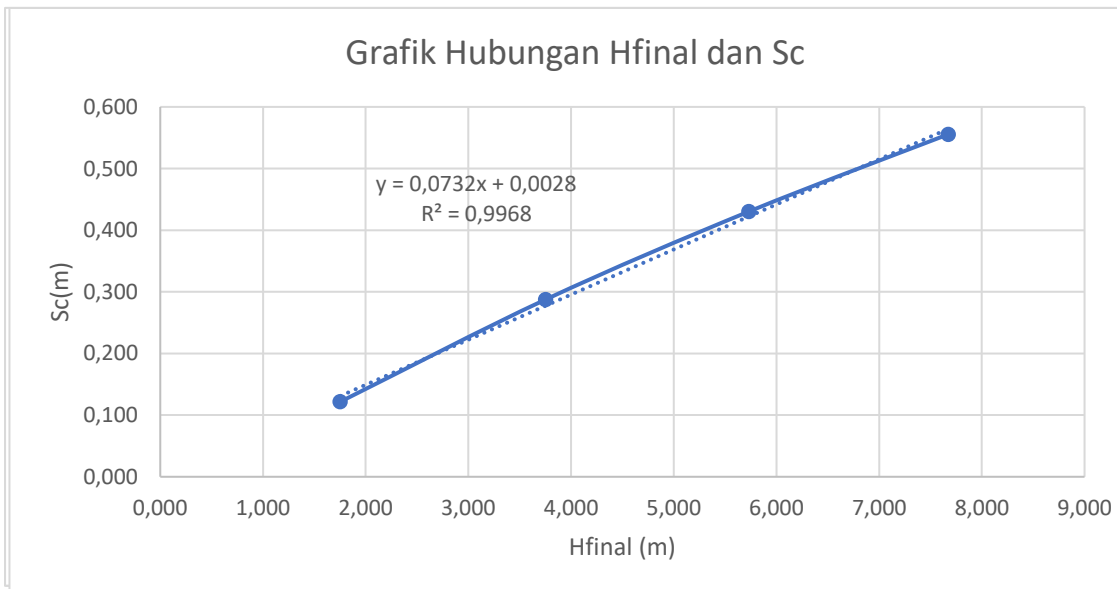
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,151	0,122	1,38	0,1	1,754
5	32,8	5,317	0,288	1,38	0,1	3,755
7	44,8	7,439	0,430	1,38	0,1	5,734
9	56,8	9,505	0,556	1,38	0,1	7,674

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 150+250 Setelah Replacement



***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
20,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001005

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
32,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001585

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
44,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002164

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000***

qsurcharge (kN/m ²)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	Si (m)
56,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002744

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1286	20,3324	39,4610	15	35,3324	1,738	OC	0,021527
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	19,1067	26,9973	46,1040	15	41,9973	1,556	OC	0,017665
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	19,0725	33,8709	52,9434	15	48,8709	1,443	OC	0,013306
6	1	1,246	0,4190	0,0963	19,0240	40,9532	59,9772	15	55,9532	1,366	OC	0,011433
7	1	1,246	0,4190	0,0963	18,9594	48,0355	66,9949	15	63,0355	1,312	OC	0,009991
8	1	1,246	0,4190	0,0963	18,8778	55,1178	73,9956	15	70,1178	1,272	OC	0,008839
9	1	1,246	0,4190	0,0963	18,7784	62,2001	80,9785	15	77,2001	1,241	OC	0,007891
10	1	1,246	0,4190	0,0963	18,6613	69,2824	87,9438	15	84,2824	1,217	OC	0,007091
11	1	1,246	0,4190	0,0963	18,5269	76,3647	94,8916	15	91,3647	1,196	OC	0,006405
12	1	1,246	0,4190	0,0963	18,3758	83,4471	101,8229	15	98,4471	1,180	OC	0,005807
13	1	1,246	0,4190	0,0963	18,2025	90,5294	108,7319	15	105,5294	1,166	OC	0,005275
14	1	1,246	0,4190	0,0963	18,0214	97,6117	115,6331	15	112,6117	1,154	OC	0,004805
15	1	1,246	0,4190	0,0963	17,8273	104,6940	122,5213	15	119,6940	1,143	OC	0,004383
											Sc total =	0,124417
											S total =	0,125422

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,33878	0,4929	0,1112	31,1046	20,3324	51,4370	15	35,3324	1,738	OC	0,045787
4	1	1,33878	0,4929	0,1112	31,0714	26,9973	58,0687	15	41,9973	1,556	OC	0,038784
5	1	1,24639	0,4190	0,0963	31,0216	33,8709	64,8925	15	48,8709	1,443	OC	0,029790
6	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,9524	40,9532	71,9056	15	55,9532	1,366	OC	0,026125
7	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,8614	48,0355	78,8969	15	63,0355	1,312	OC	0,023237
8	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,7469	55,1178	85,8648	15	70,1178	1,272	OC	0,020890
9	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,6080	62,2001	92,8082	15	77,2001	1,241	OC	0,018935
10	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,4443	69,2824	99,7267	15	84,2824	1,217	OC	0,017276
11	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,2493	76,3647	106,6140	15	91,3647	1,196	OC	0,015840
12	1	1,24639	0,4190	0,0963	30,0368	83,4471	113,4839	15	98,4471	1,180	OC	0,014590
13	1	1,24639	0,4190	0,0963	29,8015	90,5294	120,3309	15	105,5294	1,166	OC	0,013485
14	1	1,24639	0,4190	0,0963	29,5337	97,6117	127,1454	15	112,6117	1,154	OC	0,012492
15	1	1,24639	0,4190	0,0963	29,2571	104,6940	133,9511	15	119,6940	1,143	OC	0,011607
											Sc total =	0,288838
											Sc total =	0,290422

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,0701	20,3324	63,4026	15	35,3324	1,738	OC	0,064931
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	43,0273	26,9973	70,0246	15	41,9973	1,556	OC	0,055920
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,9654	33,8709	76,8363	15	48,8709	1,443	OC	0,043475
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,8808	40,9532	83,8340	15	55,9532	1,366	OC	0,038558
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,7707	48,0355	90,8062	15	63,0355	1,312	OC	0,034624
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,6328	55,1178	97,7507	15	70,1178	1,272	OC	0,031391
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,4593	62,2001	104,6594	15	77,2001	1,241	OC	0,028669
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,2625	69,2824	111,5449	15	84,2824	1,217	OC	0,026348
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	42,0357	76,3647	118,4005	15	91,3647	1,196	OC	0,024334
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,7685	83,4471	125,2156	15	98,4471	1,180	OC	0,022558
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,4837	90,5294	132,0131	15	105,5294	1,166	OC	0,020990
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	41,1675	97,6117	138,7791	15	112,6117	1,154	OC	0,019584
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	40,8302	104,6940	145,5241	15	119,6940	1,143	OC	0,018319
											Sc total =	0,429701
											Sc total =	0,431865

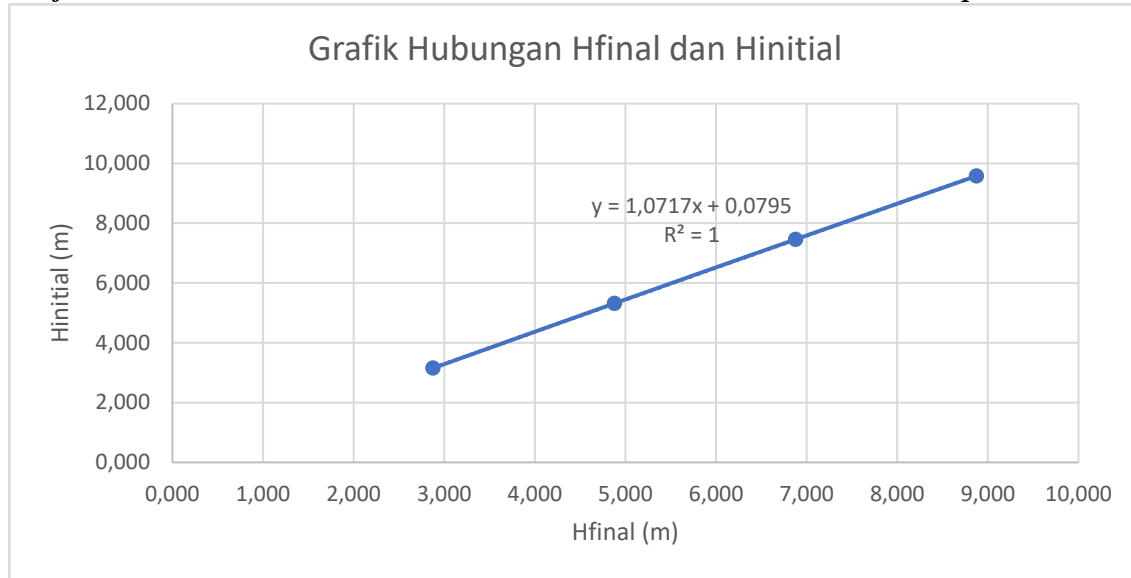
Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 151+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,3388	0,4929	0,1112	55,0251	20,3324	75,3575	15	35,3324	1,738	OC	0,080742
4	1	1,3388	0,4929	0,1112	54,9744	26,9973	81,9717	15	41,9973	1,556	OC	0,070339
5	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,9031	33,8709	88,7739	15	48,8709	1,443	OC	0,055172
6	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,8070	40,9532	95,7602	15	55,9532	1,366	OC	0,049331
7	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,6763	48,0355	102,7118	15	63,0355	1,312	OC	0,044604
8	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,5216	55,1178	109,6394	15	70,1178	1,272	OC	0,040688
9	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,3344	62,2001	116,5345	15	77,2001	1,241	OC	0,037375
10	1	1,2464	0,4190	0,0963	54,1028	69,2824	123,3852	15	84,2824	1,217	OC	0,034519
11	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,8482	76,3647	130,2130	15	91,3647	1,196	OC	0,032037
12	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,5557	83,4471	137,0027	15	98,4471	1,180	OC	0,029845
13	1	1,2464	0,4190	0,0963	53,2346	90,5294	143,7640	15	105,5294	1,166	OC	0,027897
14	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,8776	97,6117	150,4893	15	112,6117	1,154	OC	0,026146
15	1	1,2464	0,4190	0,0963	52,4950	104,6940	157,1890	15	119,6940	1,143	OC	0,024565
											Sc total =	0,553260
											Sc total =	0,556004

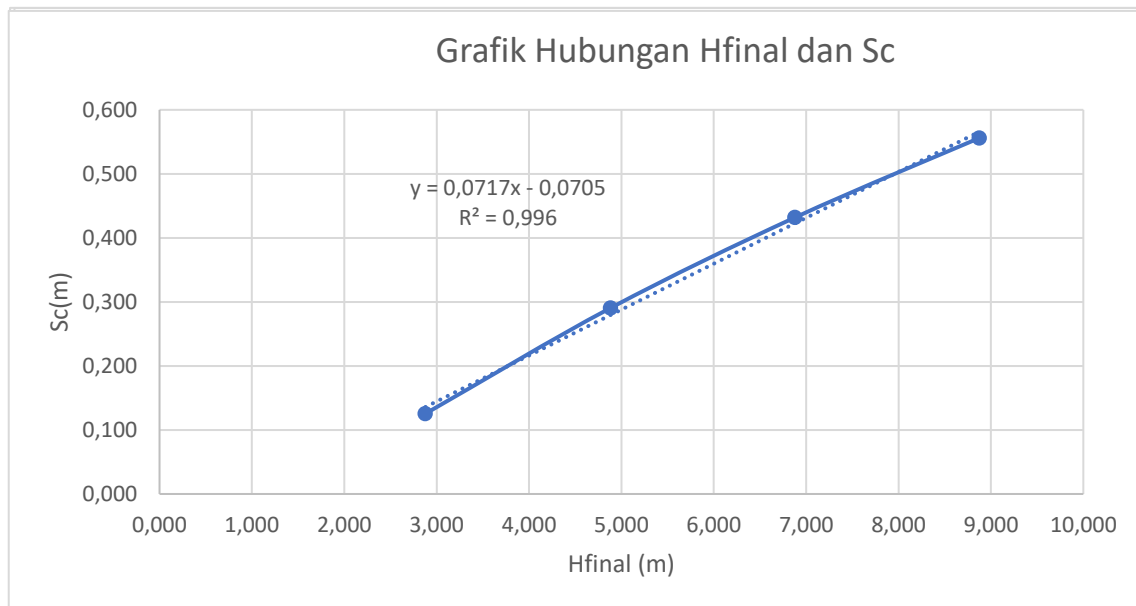
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m ²)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,153	0,125	0,25	0,1	2,878
5	32,8	5,322	0,290	0,25	0,1	4,881
7	44,8	7,461	0,432	0,25	0,1	6,879
9	56,8	9,581	0,556	0,25	0,1	8,875

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 151+000 Setelah Replacement



***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
20,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001004831

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
32,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,001584541

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
44,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002164251

***Tabel Pemampatan Segera Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000***

qsurcharge (kN/m2)	h (m)	μ	$2\mu^2$	$1-\mu$	E (kN/m2)	E' (kN/m2)	Si (m)
56,8	2	0,25	0,125	0,75	34500	41400	0,002743961

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 3 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	19,1120	20,3085	39,4205	15	35,3085	1,739	OC	0,021054
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	19,0743	26,9315	46,0058	15	41,9315	1,557	OC	0,016228
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	19,0164	33,5605	52,5769	15	48,5605	1,447	OC	0,013721
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	18,9355	40,1895	59,1250	15	55,1895	1,373	OC	0,011836
											Sc total =	0,062839
											S total =	0,063844

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 5 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,489	0,5194	0,1147	31,0713	20,3085	51,3798	15	35,3085	1,739	OC	0,045065
4	1	1,471	0,4895	0,1060	31,0160	26,9315	57,9475	15	41,9315	1,557	OC	0,036082
5	1	1,471	0,4895	0,1060	30,9346	33,5605	64,4951	15	48,5605	1,447	OC	0,031299
6	1	1,471	0,4895	0,1060	30,8230	40,1895	71,0125	15	55,1895	1,373	OC	0,027598
											Sc total =	0,140045
											S total =	0,141630

Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 7 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,4890	0,5194	0,1147	43,0152	20,3085	63,3237	15	35,3085	1,739	OC	0,064007
4	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,9466	26,9315	69,8781	15	41,9315	1,557	OC	0,052190
5	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,8419	33,5605	76,4024	15	48,5605	1,447	OC	0,045876
6	1	1,4710	0,4895	0,1060	42,7095	40,1895	82,8990	15	55,1895	1,373	OC	0,040914
											Sc total =	0,202986
											S total =	0,205150

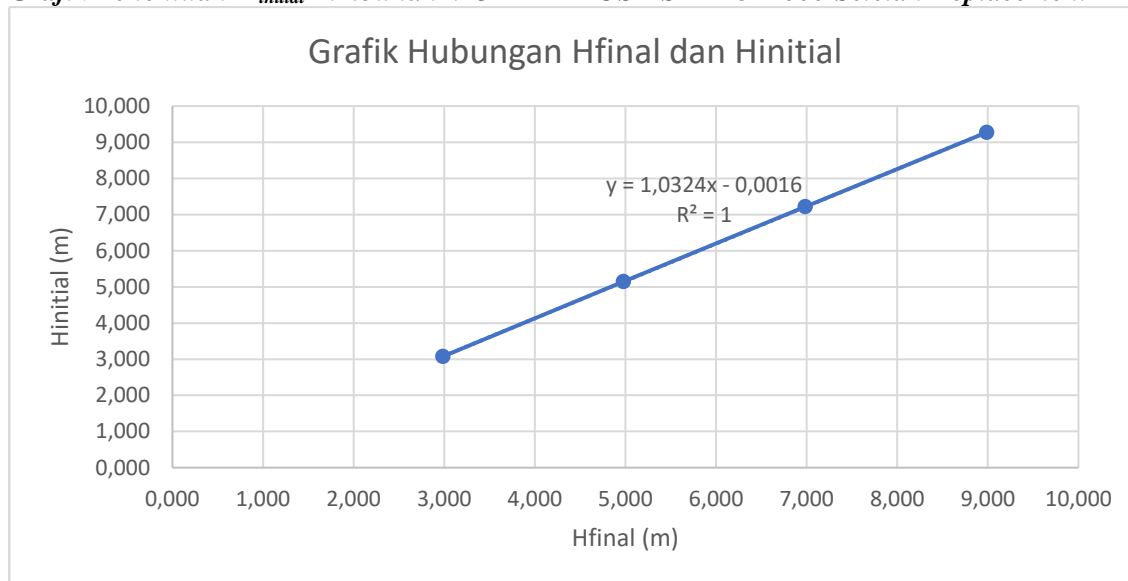
Tabel Pemampatan Total Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA
Variasi Ketinggian 9 m STA 154+000 Setelah Material Replacement

Tebal Lapisan (m)	Hi (m)	e	Cc	Cs	Δp (kN/m ²)	Po' (kN/m ²)	Po' + Δp (kN/m ²)	P fluktuasi air (kN/m ²)	P'c (kN/m ²)	OCR		Sc (m)
3	1	1,489	0,5194	0,1147	54,9389	20,3085	75,2474	15	35,3085	1,739	OC	0,079641
4	1	1,471	0,4895	0,1060	54,8606	26,9315	81,7921	15	41,9315	1,557	OC	0,065734
5	1	1,471	0,4895	0,1060	54,7510	33,5605	88,3115	15	48,5605	1,447	OC	0,058339
6	1	1,471	0,4895	0,1060	54,5935	40,1895	94,7830	15	55,1895	1,373	OC	0,052440
											Sc total =	0,256154
											S total =	0,258898

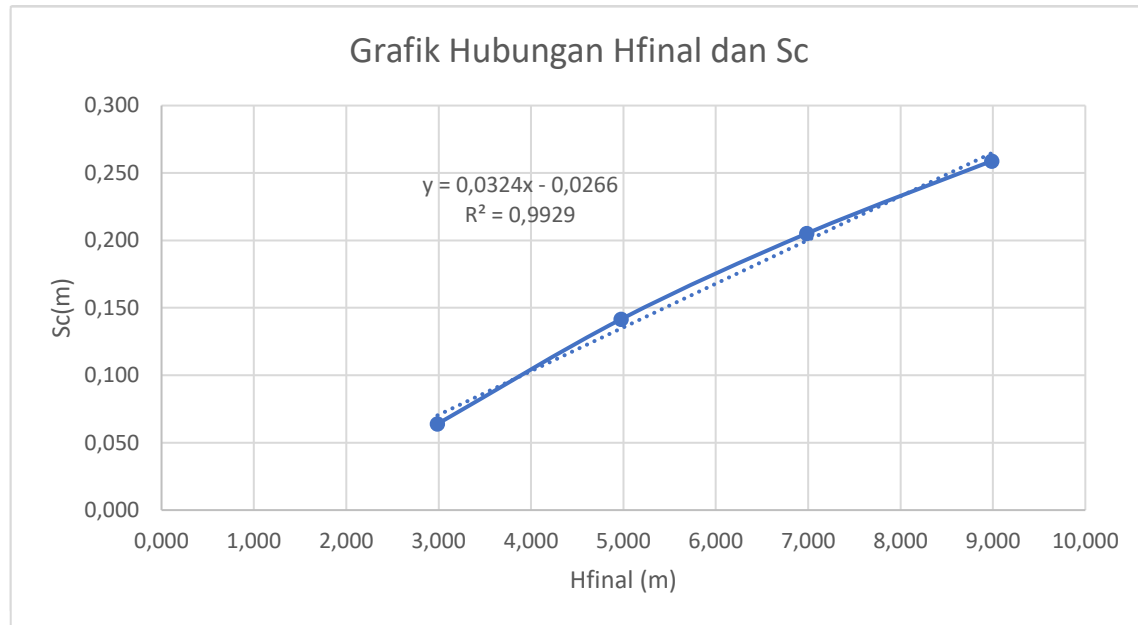
Tabel Rekapitulasi Pemampatan Tanah Dasar Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000 Setelah Replacement

H rencana timbunan (m)	q rencana (kN/m2)	Hinitial (m)	S (m)	Hbongkar (m)	H pavement (m)	Hfinal (m)
3	20,8	3,075	0,064	0,13	0,1	2,986
5	32,8	5,144	0,142	0,13	0,1	4,977
7	44,8	7,215	0,205	0,13	0,1	6,985
9	56,8	9,271	0,259	0,13	0,1	8,987

Grafik Penentuan $H_{initial}$ Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000 Setelah Replacement



Grafik Penentuan Sc Timbunan MORTAR BUSA STA 154+000 Setelah Replacement



DRILLING LOG

CLIENT = CRBC-WIKA-PP,JO

BORE TYPE = ROTARY DRILLING

Remarks

PROJECT NAME = TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PROJECT PHASE I

START OF DATE = January 29, 2016

UD = Undisturb Sample

POINT NO. - BR-1

FINISH OF DATE - January 31, 2016

CS = Core Sample

WATER SURFACE = -0.05 METER

BORE MASTER HARNOC S

SPT = SPT Test

PROJECT LOCATION = MAIN ROAD (STA 151+450)

BORE MASTER HARNOC S

SPT = SPT Test

Scale in m	Ground Water Level in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test					N - Value		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm						
														15 cm	15 cm	15 cm				
0.00	0.00				START OF BORING															
1.00	-1.00	-1.00			CLAY	GREY	MEDIUM	SPT 5 TO 8	-3.00	UD 01	-3.50	SPT 1	5	1	2	3	5			
2.00	-2.00	-2.00																		
3.00	-3.00	-3.00																		
4.00	-4.00	-4.00																		
5.00	-5.00	-5.00																		
6.00	-6.00	-6.00							-6.00	UD 02	-6.50	SPT 2	6	1	3	3	6			
7.00	-7.00	-7.00																		
8.00	-8.00	-8.00																		
9.00	-9.00	-9.00							-8.00	UD 03	-8.50	SPT 3	8	3	4	4	8			
10.00	-10.00	-10.00			SANDY CLAY	GREY	STIFF	SPT 8 TO 11	-12.00		-12.50									
11.00	-11.00	-11.00																		
12.00	-12.00	-12.00			CLAY	GREY	STIFF	SPT 11 TO 13	-12.50	UD 04	-12.50	SPT 4	11	7	5	6	11			
13.00	-13.00	-13.00																		
14.00	-14.00	-14.00																		
15.00	-15.00	-15.00			SILTY CLAY	GREY			-14.50		-15.00									
16.00	-16.00	-16.00			CLAY	GREY			-15.00	UD 05	15.00	SPT 5	13	3	5	8	13			
17.00	-17.00	-17.00			GRAVELLY CLAY	GREY														
18.00	-18.00	-18.00			CLAY	GREY	STIFF	SPT = 13												
19.00	-19.00	-19.00			GRAVELLY CLAY	BROWNISH GREY	STIFF	SPT = 13	-17.50		-18.00	SPT 6	13	3	6	7	13			
20.00	-20.00	-20.00			SILTY CLAY	BROWNISH GREY	STIFF TO VERY STIFF	SPT 13 TO 25	-18.50		-20.00									
									-20.00	UD 06	-20.50	SPT 7	25	5	10	15	25			
END OF BORING																				

DRILLING LOG

CLIENT	=	CRBC-WIKA-PP,JO
PROJECT NAME	=	TOLL ROAD DEVELOPMENT
FOHNI NO.	=	SK-2
WATER SURFACE	=	+0.10 METER
PROJECT LOCATION	=	MAIN ROAD (STA 151+950)

BORE TYPE	=	ROTARY DRILLING
START OF DATE	=	January 26, 2016
FINISH OF DATE	=	January 28, 2016
BORE MASTER	=	HARNO CS

Remarks

UD = Undisturb Sample

CS = Core Sample

SPT = SPT Test

Scale in m	Ground Water Level in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test							
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			N - Value			
														15 cm	15 cm	15 cm				
0.00	0.00				START OF BORING															
1.00	-1.00	-1.00			CLAY	GREY	MEDIUM TO STIFF	SPT 5 TO 9	-3.00	UD 01	-3.50	SPT 1	5	1	2	3	5			
2.00	-2.00	-2.00																		
3.00	-3.00	-3.00																		
4.00	-4.00	-4.00																		
5.00	-5.00	-5.00																		
6.00	-6.00	-6.00			CLAY	GREY	STIFF TO VERY STIFF	SPT 10 TO 16	-8.00	UD 02	-8.50	SPT 2	7	1	3	4	7			
7.00	-7.00	-7.00																		
8.00	-8.00	-8.00																		
9.00	-9.00	-9.00																		
10.00	-10.00	-10.00																		
11.00	-11.00	-11.00			GRAVELLY CLAY	GREY	STIFF	SPT 9 TO 10	-12.00	UD 03	-12.50	SPT 3	9	2	4	5	9			
12.00	-12.00	-12.00			CLAY	GREY	STIFF TO VERY STIFF	SPT 10 TO 16	-12.00	UD 04	-12.50	SPT 4	10	2	4	6				
13.00	-13.00	-13.00																		
14.00	-14.00	-14.00																		
15.00	-15.00	-15.00							-14.50	UD 05	-15.00									
16.00	-16.00	-16.00							15.00		14.50	SPT 5	16	4	7	9	16			
17.00	-17.00	-17.00			GRAVELLY CLAY	GREY	VERY STIFF	SPT 16 TO 17												
18.00	-18.00	-18.00			CLAY	GREY	VERY STIFF	SPT = 17			-17.50									
19.00	-19.00	-19.00							-18.00		-18.00	SPT 6	17	4	6	9				
20.00	-20.00	-20.00			CLAYEY SILT AND SAND	BROWNISH GREY	LOOSE TO DENSE	SPT 17 TO 41	-19.50											
					GANDY CLAY AND SILT	BROWN	VERY STIFF TO HARD		-20.00	UD 03	-20.00									
									-20.50		-20.50	SPT 7	41	9	16	25	41			
END OF BORING																				

DRILLING LOG

CLIENT	=	CRBC-WIKA-PP,JO
PROJECT NAME	=	TOLL ROAD DEVELOPMENT
POINT NO.	=	BR-3
WATER SURFACE	=	28.00 METER
PROJECT LOCATION	=	MAIN ROAD (STA 154+300)

BORE TYPE	=	ROTARY DRILLING
START OF DATE	=	07 Februari 2016
FINISH OF DATE	=	08 Februari 2016
BORE MASTER	=	HARNO CS

Remarks

UD = Undisturb Sample
CS = Core Sample
SPT = SPT Test

Scale in m	Ground Water Level in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				N - Value
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
														15 cm	15 cm	15 cm	
0.00	0.00				START OF BORING												
1.00	-1.00	-1.00															
2.00	-2.00	-2.00															
3.00	-3.00	-3.00															
4.00	-4.00	-4.00															
5.00	-5.00	-5.00					STIFF	SPT 10 TO 13									
6.00	-6.00	-6.00															
7.00	-7.00	-7.00			CLAY	LIGHT GREY											
8.00	-8.00	-8.00															
9.00	-9.00	-9.00					STIFF TO VERY STIFF	SPT 13 TO 22									
10.00	-10.00	-10.00															
11.00	-11.00	-11.00															
12.00	-12.00	-12.00					VERY STIFF	SPT 22 TO 25									
13.00	-13.00	-13.00															
14.00	-14.00	-14.00															
15.00	-15.00	-15.00			SILTY CLAY	LIGHT GREY	VERY STIFF	SPT 22 TO 25									
16.00	-16.00	-16.00															
17.00	-17.00	-17.00															
18.00	-18.00	-18.00															
19.00	-19.00	-19.00			CLAY	LIGHT GREY	VERY STIFF TO HARD	SPT 20 TO 34									
20.00	-20.00	-20.00															
					END OF BORING												

DRILLING LOG

CLIENT	CRBC-WIKA-PP JO
--------	-----------------

BORE TYPE = ROTARY DRILLING

Remarks.

PROJECT NAME	TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PROJECT PHASE I
--------------	---

START OF DATE = January 14, 2016

UD = Undisturb Sample

POINT NO. - BR-6

FINISH OF DATE - January 16, 2016

CS = Core Sample

WATER SURFACE = -1.90 METER

BORE MASTER = HARNOCS

SPT = SPT Test

PROJECT LOCATION = MAIN ROAD (STA 150+775)

BORE MASTER = HARNOCS

SPT = SPT Test

Scale in m	Ground Water Level in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm				
														15 cm	15 cm	15 cm		
0.00	0.00				START OF BORING													
1.00	-1.00	-1.00			LEMPUNG	GREY												
2.00	-2.00	-2.00			LEMPUNG SEDIKIT PASIR HALUS	BROWNISH GREY												
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG	GREY		SPT = 11	-3.00	UD 01	-3.50	SPT 1	11	3	4	7		11
4.00	-4.00	-4.00																
5.00	-5.00	-5.00			PASIR HALUS BERLEMPUNG	BROWN		SPT 10 TO 11	-5.00	UD 02	-5.50	SPT 2	10	2	4	6		10
6.00	-6.00	-6.00																
7.00	-7.00	-7.00			LEMPUNG	GREY		SPT 10 TO 12	-7.00									
8.00	-8.00	-8.00																
9.00	-9.00	-9.00			LEMPUNG BERLANAU BERPASIR HALUS	BROWN			-9.00	UD 03	-9.50	SPT 3	12	3	5	7		12
10.00	-10.00	-10.00			PASIR SEDIKIT LEMPUNG	DARK BROWN			-10.00		-10.00							
11.00	-11.00	-11.00						SPT 12 TO 14	-11.00									
12.00	-12.00	-12.00			LEMPUNG SEDIKIT PASIR	BROWNISH GREY			-12.00	UD 04	-12.50	SPT 4	14	3	5	9		14
13.00	-13.00	-13.00							-13.00									
14.00	-14.00	-14.00			LEMPUNG SEDIKIT KERKIL	GREY		SPT = 14	-14.00									
15.00	-15.00	-15.00							-15.00	UD 05	-15.00							
16.00	-16.00	-16.00			LEMPUNG	GREY			-16.00		-16.00	SPT 5	14	4	6	8		14
17.00	-17.00	-17.00			LANAU BERLEMPUNG BERPASIR	GREY			-17.00									
18.00	-18.00	-18.00			LEMPUNG BERLANAU SEDIKIT PASIR	BROWN			-18.00		-18.00	SPT 6	15	4	7	8		15
19.00	-19.00	-19.00			LANAU BERLEMPUNG BERPASIR	BROWN			-19.00									
20.00	-20.00	-20.00			PASIR BERLANAU	DARK GREY			-20.00	UD 06	-20.00	SPT 7	42	12	16	28		42
					END OF BORING													

DRILLING LOG

CLIENT = CRBC-WIKA-PPJO

BORE TYPE = ROTARY DRILLING

Remarks.

PROJECT NAME = TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PROJECT PHASE I

START OF DATE = January 13, 2016

UD = Undisturb Sample

POINT NO. - BR-7

FINISH OF DATE - January 14, 2016

CS = Core Sample

WATER SURFACE = -1.00 METER

BORE MASTER = HARNO CS

SPT = SPT Test

PROJECT LOCATION = MAIN ROAD (STA 153+125)

BORE MASTER = HARNO CS

SPT = SPT Test

Scale in m	Ground Water Level in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				N - Value
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
														15 cm	15 cm	15 cm	
0.00	0.00				START OF BORING												
1.00	-1.00	-1.00			SANDY AND SILTY CLAY	BROWN											
2.00	-2.00	-2.00															
3.00	-3.00	-3.00															
4.00	-4.00	-4.00															
5.00	-5.00	-5.00															
6.00	-6.00	-6.00			CLAY	GREY	MEDIUM TO STIFF	SPT 6 TO 9									
7.00	-7.00	-7.00															
8.00	-8.00	-8.00															
9.00	-9.00	-9.00															
10.00	-10.00	-10.00															
11.00	-11.00	-11.00															
12.00	-12.00	-12.00			GRAVELLY CLAY	GREY	STIFF	SPT 9 TO 10									
13.00	-13.00	-13.00			CLAY	DARK GREY	STIFF	SPT = 10									
14.00	-14.00	-14.00															
15.00	-15.00	-15.00			GRAVELLY CLAY	BROWNISH GREY	VERY STIFF	SPT = 19									
16.00	-16.00	-16.00			CLAY	GREY	VERY STIFF	SPT 19 TO 20									
17.00	-17.00	-17.00															
18.00	-18.00	-18.00			SANDY AND SILTY CLAY	BROWN	VERY STIFF	SPT = 20									
19.00	-19.00	-19.00			SAND	BROWNISH GREY	MEDIUM	SPT 20 TO 35									
20.00	-20.00	-20.00			SANDY CLAY	BROWN											
					SANDY AND SILTY CLAY	BROWN											
					END OF BORING												



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya
Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,
Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

CLIENT : CRBC-WIKA-PP, JO
PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PF
LOCATION : MAIN ROAD (STA 151+450)
BORE POINT : BR-1
BORE MASTER : HARNO CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	yt	yd	ysat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.715	1.327	100.00	48.88	57.03	17.370	11.667	17.370	*	*	*
-6.00	2.694	1.317	100.00	48.89	56.84	17.311	11.627	17.311	*	*	*
-9.00	2.637	1.284	100.00	48.89	56.22	17.167	11.548	17.167	*	*	*
-12.00	2.518	1.237	100.00	49.13	55.30	16.786	11.258	16.788	*	*	*
-15.00	2.647	1.161	100.00	43.88	53.73	17.621	12.249	17.621	*	*	*
-20.00	2.663	1.109	100.00	41.64	52.58	17.885	12.627	17.885	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAXIAL UU		TRIAXIAL CD		PERMEABILITY k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	Cu	ϕ_u	Cd	ϕ_d	
-3.00	0.00	9.34	90.66	65.79	30.44	35.35	*	*	22.51	*	*	*	*
-6.00	0.00	10.79	89.21	62.17	29.48	32.69	*	*	29.15	*	*	*	*
-9.00	0.00	8.35	91.65	62.38	30.14	32.24	*	*	38.72	*	*	*	*
-12.00	0.00	26.77	73.23	52.79	32.17	20.62	*	*	41.36	*	*	*	*
-15.00	0.00	12.13	87.87	62.49	28.45	34.04	*	*	56.43	*	*	*	*
-20.00	0.00	12.64	87.36	65.74	30.92	34.82	*	*	92.18	*	*	*	*

REMARK	G	=	Gravel (%)	LL	=	Liquid Limit (%)	C	=	Cohesion direct shear (kPa)
	S	=	Sand (%)	PL	=	Plastic Limit (%)	Cd	=	Drained cohesion triaxial test (kPa)
	M+ Cl	=	Silt + Clay (%)	IP	=	Plastic Index (%)	Cu	=	Undrained cohesion triaxial test (kPa)
	e	=	Void ratio	Cc	=	Compression Index	ϕ	=	Angle of internal friction direct shear test (degree)
	Gs	=	Specific Gravity	Cv	=	Compression of Consolidation (cm ² /sec)	ϕ_d	=	Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	n	=	Porosity (%)	Pp	=	Coefficient of Consolidation (kPa)	ϕ_u	=	Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	Sr	=	Degree of saturation (%)	*	=	Not test			
	Wc	=	Water content (%)	k	=	Coefficient of permeability (cm/sec)			
	γ_t	=	Moisture density (kN/m ³)						
	γ_{sat}	=	Saturated density (kN/m ³)						
	γ_d	=	Dry density (kN/m ³)						



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

CLIENT : CRBC-WIKA-PP, JO
 PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PF
 LOCATION : MAIN ROAD (STA 151+950)

BORE POINT : BR-2
 BORE MASTER : HARNO CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	yt	yd	ysat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.647	1.418	100.00	53.57	58.64	16.811	10.947	16.811	*	*	*
-6.00	2.665	1.349	100.00	50.62	57.43	17.068	11.345	17.068	*	*	*
-9.00	2.604	1.311	100.00	50.35	56.73	16.941	11.268	16.941	*	*	*
-12.00	2.584	1.28	100.00	49.54	56.14	16.947	11.333	16.947	*	*	*
-15.00	2.653	1.162	100.00	43.80	53.75	17.646	12.271	17.646	*	*	*
-20.00	2.649	1.125	100.00	42.47	52.94	17.760	12.466	17.760	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAXIAL UU		TRIAXIAL CD		PERMEABILITY k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ψ	Cu	ϕ_u	Cd	ϕ_d	
-3.00	0.00	10.34	89.66	60.34	29.76	30.58	*	*	21.69	*	*	*	*
-6.00	0.00	11.67	88.33	57.15	31.50	25.65	*	*	31.45	*	*	*	*
-9.00	0.00	9.38	90.62	65.29	31.35	33.94	*	*	42.79	*	*	*	*
-12.00	0.00	13.84	86.16	59.25	28.67	30.58	*	*	48.91	*	*	*	*
-15.00	0.00	10.94	89.06	63.16	32.77	30.39	*	*	77.26	*	*	*	*
-20.00	0.00	22.48	77.52	52.70	31.56	21.14	*	*	186.17	*	*	*	*

REMARK

G = Gravel (%)
 S = Sand (%)
 M+Cl = Silt + Clay (%)

e = Void ratio
 Gs = Specific Gravity
 n = Porosity (%)
 Sr = Degree of saturation (%)
 Wc = Water content (%)
 γ_i = Moisture density (kN/m³)
 γ_{sat} = Saturated density (kN/m³)
 γ_d = Dry density (kN/m³)

LL = Liquid Limit (%)
 PL = Plastic Limit (%)
 IP = Plastic Index (%)

Cc = Compression Index
 Cv = Coefficient of Consolidation (cm²/sec)
 Pp = Coefficient of Consolidation (kPa)
 * = Not test

k = Coefficient of permeability (cm/sec)

C = Cohesion direct shear (kPa)
 Cd = Drained cohesion triaxial test (kPa)
 Cu = Undrained cohesion triaxial test (kPa)
 ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
 ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
 ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)



CLIENT : CRBC-WIKA-PP, JO
PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PE
LOCATION : MAIN ROAD (STA 154+300)

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAXIAL UU		TRIAXIAL CD		PERMEABILITY k (cm/sec)
	G	S	StCl	LL	PL	IP	C	ψ	C _u	ϕ_u	C _c	ϕ_d	
-3.00	0.00	10.29	69.71	60.19	32.54	27.65	*	*	46.38	0	*	*	*
-8.00	0.00	9.87	90.13	56.37	30.62	25.76	*	*	60.42	0	*	*	*
-9.00	0.00	8.46	91.54	29.57	29.57	20.97	*	*	97.95	0	*	*	*
-12.00	0.00	11.31	88.69	61.35	30.13	31.22	*	*	110.87	0	*	*	*
-15.00	0.00	12.48	87.52	60.76	31.49	29.27	*	*	99.48	0	*	*	*
-20.00	0.00	10.67	89.33	59.37	29.44	29.93	*	*	166.57	0	*	*	*

[illegible]



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

CLIENT : CRBC-WIKA-PP, JO
PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PF
LOCATION : MAIN ROAD (STA 150+775)
BORE POINT : BR-8
BORE MASTER : HARNO CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC						CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	yt	yd	ysat	Pd	Cv
-3.00	2.705	1.429	100.00	52.83	58.83	17.019	11.136	17.019	*	*
-6.00	2.631	1.393	100.00	52.57	58.04	16.844	11.041	16.844	*	*
-9.00	2.549	1.316	100.00	51.75	56.88	16.680	10.992	16.680	*	*
-12.00	2.684	1.312	100.00	48.88	56.75	17.284	11.806	17.284	*	*
-15.00	2.605	1.176	100.00	45.14	54.04	17.378	11.972	17.378	*	*
-20.00	2.588	0.918	100.00	35.46	47.86	18.285	13.498	18.285	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAXIAL UU		TRIAXIAL CD		PERMEABILITY k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ψ	C _u	φ _u	C _d	φ _d	
-3.00	0.00	9.13	90.87	59.35	31.49	27.95	*	*	51.27	0		*	*
-6.00	0.00	16.74	83.26	57.48	30.29	27.19	*	*	48.43	0		*	*
-9.00	0.00	17.46	82.54	62.85	32.67	30.18	*	*	57.26	0		*	*
-12.00	0.00	18.84	81.16	60.64	30.48	30.16	*	*	69.85	0		*	*
-15.00	15.39	10.23	74.38	52.75	31.42	21.33	*	*	72.44	0		*	*
-20.00	0.00	84.19	15.81	NP	NP	NP	0	38	*	*		*	*

REMARK

G = Gravel (%)
S = Sand (%)
M+ Cl = Silt + Clay (%)
e = Void ratio
Gs = Specific Gravity
n = Porosity (%)
Sr = Degree of saturation (%)
Wc = Water content (%)
 γ_t = Moisture density (kN/m³)
 γ_{sat} = Saturated density (kN/m³)
 γ_d = Dry density (kN/m³)

LL = Liquid Limit (%)
PL = Plastic Limit (%)
IP = Plastic Index (%)
Cc = Compression Index
Cv = Compression of Consolidation (cm²/sec)
Pp = Coefficient of Consolidation (kPa)
* = Not test
k = Coefficient of permeability (cm/sec)

C = Cohesion direct shear (kPa)
Cd = Drained cohesion triaxial test (kPa)
Cu = Undrained cohesion triaxial test (kPa)
 ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
 ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
 ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)



CLIENT : CRBC-WIKA-PF, JO
PROJECT : TOLL ROAD DEVELOPMENT OF SOLO-KERTOSONO PF
LOCATION : MAIN ROAD (STA 153+125))

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS				ATYERBERG LIMITS			DIRECT TEST		TRIAXIAL UU		TRIAXIAL CD		PERMEABILITY k (cm/sec)
	G	S	S+CI		LL	PL	IP	C	ψ	C _u	ϕ_u	C _d	ψ_d	
-3.00	0.00	10.38	89.62		62.37	30.18	32.19	*	*	29.34	0		*	*
-6.00	0.00	9.26	90.74		60.52	31.34	29.18	*	*	43.25	0		*	*
-9.00	0.00	11.42	88.58		68.51	30.20	35.52	*	*	46.37	0		*	*
-12.00	10.34	11.75	77.91		56.34	31.49	24.66	*	*	40.16	0		*	*
-15.00	13.44	9.64	76.92		46.73	32.77	13.66	*	*	83.44	0		*	*
-20.00	0.00	86.18	13.82		NP	NP	NP	0	34	*	*		*	*

REMARK	Symbol	Unit	Definition
= Gravel (%)	G		
= Sand (%)	S		
= Silt + Clay (%)	M+Cl		
= Void ratio	e		
= Specific Gravity	G _s		
= Porosity (%)	n		
= Degree of saturation (%)	S _r		
= Water content (%)	W _c		
= Moisture density (kN/m ³)	γ _t		
= Saturated density (kN/m ³)	γ _{sat}		
= Dry density (kN/m ³)	γ _d		
	LL		= Liquid Limit (%)
	PL		= Plastic Limit (%)
	IP		= Plastic Index (%)
	C _c		= Compression Index
	C _v		= Compression of Consolidation (cm ² /sec)
	P _p		= Coefficient of Consolidation (kPa)
	*		= Not test
	k		= Coefficient of permeability (cm/sec)
	C		= Cohesion direct shear (kPa)
	C _d		= Drained cohesion triaxial test (kPa)
	C _u		= Undrained cohesion triaxial test (kPa)
	φ		= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	φ _d		= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	φ _u		= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)

UnggulTex

POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

TECHNICAL SPESIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
Physical Properties					
Mass	g/m ²	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
Mechanical Properties					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
Hydraulic Properties					
Pore Size O ₉₅	μm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m ² /sec	100 mm water head	28	16	7.5
Environmental Properties					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
Packaging					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m ²	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293

Tel. 031-8475062 Fax. 031-8475063

Email : info@geosistem.co.id

Website : www.geosistem.co.id



GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 6013856

CeTeau-Drain CT-D822

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	Standard
	Material	-	PP
	Colour	-	white
Filter Jacket	Material	-	PET
	Colour	-	grey
Assembled Drain	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D822
Filter Jacket				
Grab Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	ϵ	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	O_{95}	ASTM D4751	μm	< 75
Permeability	k	ASTM D4491	m/s	> 1.0×10^{-4}
Assembled Drain				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break	ϵ	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4595	kN	2.2
Elongation at 1 kN tensile strength	ϵ	ASTM D4595	%	1.5
Discharge capacity at 100 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	158×10^{-6}
Discharge capacity at 150 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	157×10^{-6}
Discharge capacity at 200 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	155×10^{-6}
Discharge capacity at 250 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	150×10^{-6}
Discharge capacity at 300 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	141×10^{-6}
Discharge capacity at 350 kPa	q_s	ASTM D4716	m ³ /s	135×10^{-6}

Transport details	Unit	CT-D822
Roll length	m	250
Outside diameter roll	m	1.10
Inside diameter roll	m	0.15
Weight roll	kg	20
40ft container	m	125,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor
 Jl. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60293
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id





SPESIFIKASI TIANG PANCANG BETON PRATEGANG **SQUARE 200 mm x 200 mm**


Dimensi Tiang Pancang	:	200 mm x 200 mm
Panjang Tiang Pancang	:	6 M
Tiang Pancang Beton Prategang		
Mutu Beton	:	K-500 ($f_c' = 40 \text{ Mpa}$)
Mutu Baja Prategang	:	PC Wire JIS G 3536
		Diameter 7 mm
		$A_s = 38,49 \text{ mm}^2$
		Breaking load = 5950 Kg
		Yield load = 5200 Kg

$$\begin{aligned}A_c &= 20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2 \\I_c &= 1/12 \times 20 \times 20^3 = 13333 \text{ cm}^4 \\W_x &= 1333 \text{ cm}^3 \\A_s &= 4 \times 38,49 = 153,96 \text{ mm}^2 \\&= 1,54 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen Retak } (M_{cr}) &= 0,86 \text{ ton} - \text{m} \\ \text{Momen Nominal } (M_n) &= 1,76 \text{ ton} - \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya Dukung Ijin } (N) &= 49 \text{ ton} \\ \text{Daya Dukung Ultimate } (N') &= 128 \text{ ton}\end{aligned}$$

PT. Kalimantan Concrete Engineering,


Yusti Yudiawati, MT
Engineer

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini Kamis tanggal 13 Juli 2017 jam 09.00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

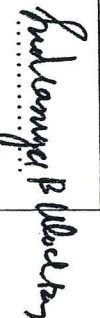


NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3113100058	Muhammad Teguh Priyatna Kurniawan	Studi Perbandingan Perencanaan Timbunan Jalan Dengan Material Tanah/Sirtu dan Mortar Busa (Foamed Mortar) Pada Jalan Tol Solo-Kertosono Section Saradan-Nganjuk STA 150+225 - STA 154+400

Dengan Hasil :

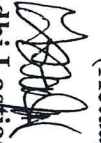
<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

1. Strategi tanah pd hal 86 disesuaikan lagi
2. Batasan masalah diubah
3. U/ perhit micropile pakai SF yg menghasilkan gml terbangun dan pakai yg overall stability, sdgn u/ perencanaan geotex cukup bis kestabilan timbuna
4. kalau sdh pakai PVD tdk perlu pakai penimbunan bertahap. sperti sdh pakai geotex
5. Cek kekuatan geotex bila tdk pakai penimbunan bertahap.

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD	
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD	
Ir. Suwarno, M.Eng	

Surabaya, 13 Juli 2017
Dosen Pembimbing I
(Ketua)


Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT

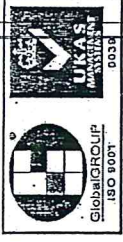
Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)


Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



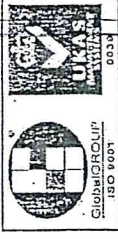
Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yulhi Lathifah, ST. MT.
NAMA MAHASISWA	: Ritu Tanti Kumala S., ST. MT
NRP	: Muhammad Teguh Priyatna Kurniawan
	: 3113100058
JUDUL TUGAS AKHIR	: Studi Perbandingan Perencanaan Tindakan Jalan Dengan Material Tanah Aspal dan Mortar Busa
	: (Formed Mortar) Pada Jalan Tol Solo - Kendaraan Jarak Jarak - Rangkaian STA 150+115 - 154+40
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	Senin, 27/02/2017	Pengolahan Data Tanah Cwal, Distrikasi 5 data Borlog tanah dengan tingkat kepadatan 90% BR-1, BR-2, BR-7	Pengecekan data tanah asli, Cek profil parameter	YH
2	Selasa, 28/02/2017	BR-1, 2, 7 diolah, BR-3 dan 6 terpisahkan sehingga ada 3 data tanah, tiap data diolah dengan Hanning & Hanninggi Hanning, cek profil tiap parameter lapisan tanah	Perhitungan settlement & Hanning dengan melihat material sendiri dan mortar busa, search dan sebelum material replacement	YH
3	Kamis, 9/03/2017	NSPT > Medium stiff, Se. dan Hanning, Immediate settlement apabila episode beach dananya pasir cek Tabel lautan u/ hubungan konsolidasi dan NSPT Koreksi kembali hasil distribusi data settlement u/ material replacement pada data Hanning / tanah dengan yg dipadatkan ada perbedaan jika dan lalu koreksi dipadatkan? cek H-bagian tanah berapa? Koreksi lapisan pavement lalu dilakukan dan dengan 1,5 m	cek kembali data tanah yg dan dipadatkan mengecek perhitungan & parameter settlement antara material sendiri & mortar busa dengan data tanah pada memperhatikan Hanning dan beton di atas Hanning	YH
4	Kamis, 23/03/2017	H-bagian Hanning terpisahkan Data Tanah OKE !!! Hanning cari per-STA Hanning dan profil data. Hanning Hanning & pavement terpisahkan Koreksi lalu Hanning = beton Hanning Distrikasi dengan pavement pada beton immediate settlement dilakukan	Cek kembali perhitungan settlement pada tiap STA tiap zona tanah Tabel perbandingan antara material yg ada (sindu & mortar busa) Se dan Hanning bukti ke perhitungan konsolidasi dan PVD	YH



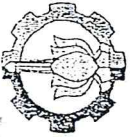
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



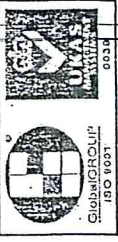
Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yedhi Lestasih, ST.MT.
NAMA MAHASISWA	: Eku Tontri Kumala S., ST.MT.
NRP	: Muhammad Teguh Priyatra Kurniawan
JUDUL TUGAS AKHIR	: 3113100058
TANGGAL PROPOSAL	: Studi perbandingan perencanaan himbunan jalan dengan Material road / aspal dan mortar busa (Boned mortar) pada jalan tol solo - Kertosono sektion sawadan - Nopiyuk STA 180 + 116 - STA 184
NO. SP-MMTA	: 18 Januari 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5	Rabu, 29/3/2017	Perhitungan Immediate Settlement OK! Cel kembali perhitungan himnital pada tinggi himbunan pada 1,5m, 2m, dan 2,5 meter, sebelum dan sesudah MR lapisan refleksi tak perlu	Buat relapor yang membandingkan himbunan mortar busa dan tanah atau saja (terpa beton lalu lintas) monorel himnital himbunan mortar busa pakai grafik 4/mendapat himbunan pelajaran kembali grafik JRA	
6	Jumat, 7/4/2017	Relapor perbandingan tanpa qLL ok!! Cel nilai Cugbungan, karena bisa pengawalan pola & jangkai atau PUD Vpentakoran = 50 cm/th saja, tergantung metode pelaksanaan. Hhrg PUD dan tip himbunan, lalu dana naka bisa digelenditasikan. Grafik PUD pakai 5 denir 0,9-1,5 m layout perhitungan DS dan leveling	Buat relapor penggunaan PUD atau material himbunan atau dan mortar busa.	
7	Rabu 12/4/2017	urail perhitungan stabilitas himbunan, pakai grafik dan beberapa parameter geolope. Tak perlu semua. untuk Differential settlement, selain himnita di kragh himbunan, himnita di ujung himbunan Cel lagi perhitungan differential settlement, se di x=0 harus perbesaran Cel batas DS di NAVAC DM-7 dan himnita nanga !!!	relap perbandingan differential settlement di setiap STA himbunan	



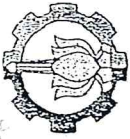
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



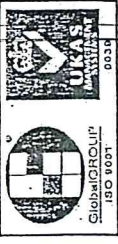
Form AK/TA-04
rev.01

NAMA PEMBIMBING	Dr. Yudhi Lestiasih, ST. MT. Putu Tanti Kumala S., ST. MT.
NAMA MAHASISWA	Muhammed Teguh Priyatna Kurniawan
NRP	3113100058
JUDUL TUGAS AKHIR	Studi Perhitungan pemecahan timbunan jalan dengan material tanah/dirtu dan mortar busa (formed mortar) pada jalan Tol Jolo - Verbena section Jember-Ngajuk STA 100+100 - 184+100
TANGGAL PROPOSAL	18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8	Kamis, 13/4/2017	Perhitungan Final & settlement OK !! untuk PVD, cek cek berapa jumlah yang digunakan dengan 1 area (ex. tiap 50 m) untuk menghitung berapa lanjut ke perhitungan leveling	Pilasan perhitungan differential settlement. mulai hitung stabilitas timbunan untuk mendapat Hcr dan SF dengan geoslope	
9	Senin, 17/4/2017	Perhitungan differential settlement OK ! Buat geometri di autocad u/ differential settlement overlay dilakukan tiap 25 cm cek lagi penggunaan selected material : ① kalau dianggap tanah, ada immediate ② kalau lebih merata, ada SF coba bikin grafik DS dgn. H. beda	Cek perhitungan evaluasi dari material replacement cek volatis dengan geoslope (SF & Hcr)	
10	Senin, 22/5/2017	Mengukur paling kritis antara kondisi 1 & kondisi 2 perhitungan evaluasi selected materialnya dianggap th jumlah berbeda saat pemadatan tanah nilai SF dengan Xtile Hcr th dihitung karena SF > 1	cek volatis SF dengan Xtile perhitungan produksi geotextile pada timbunan dengan SF di bawah 1	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yudi Lestari, ST. MT. Ratu Tatri Kumala S., ST. MT.
NAMA MAHASISWA	: Muhammed Teguh Priyatna Kurniawan
NRP	: 3113100058
JUDUL TUGAS AKHIR	: Studi Perbandingan perencanaan tikungan jalan dengan material tanah sirih dan material busa (tissue mentes) pada jalan tol solo - busanono section surabaya - nganjuk STA 150+200 - 154+40
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
11	Jumat, 26/5/2017	Absorpsi ordinis X table bidang belengkokan pada ordinis perlu diperlihatkan lagi	cek perhitungan geotextile cek perhitungan mikropile mulai hitung harga	
12	Kamis, 8/6/2017	Harga geotextile dihitung per volume penggunaan curucuk mengarah pada DMR catatan nilai SF & DMR pada tabel perbandingan buat petting melintang & cross u/ lampiran	cek ordinis perhitungan busenta harga u/ dibandingkan	

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Teguh Priyatna Kurniawan, lahir di Ujung Pandang, Sulawesi Selatan pada tanggal 14 November 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Kartika 1 Denpasar tahun 2001, SD Saraswati 4 Denpasar tahun 2007, SMP Negeri 6 Makassar tahun 2010, dan SMA Negeri 17 Makassar tahun 2013. Setelah lulus SMA, penulis

melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2013. Di Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang geoteknik.

Selama dalam masa perkuliahan, penulis aktif dalam bidang organisasi kemahasiswaan. Penulis pernah menjadi pengurus HMS FTSP ITS pada tahun kedua dan pengurus BEM FTSP ITS pada tahun ketiga. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan kepanduan yang ada di ITS. Penulis dapat dihubungi melalui email teguhpk17@gmail.com.